

LA DEMANDA DEL FUEL-OIL EN ESPAÑA

Jimena García-Pardo

LA DEMANDA DEL FUEL-OIL EN ESPAÑA

Jimena García-Pardo

Banco de España. Servicio de Estudios.
Estudios Económicos, n.º 28 - 1982

Agradezco al Servicio de Estudios del Banco de España la gentileza de sugerirme la publicación de este trabajo, sin duda con objeto de promocionar la labor investigadora llevada a cabo por los profesores del Centro de Formación del Banco de España.

INDICE

	<i>Páginas</i>
INTRODUCCION	9
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
1.1. El enfoque Box-Jenkins	11
1.2. La Teoría Económica relevante	17
1.2.1. Precios reales versus precios nominales	23
1.3. Descripción de los datos	24
1.4. Modelos univariantes	25
2. MODELOS DE TRANSFERENCIA DEL CONSUMO DE FUEL-OIL TERMICO	31
2.1. Relación FT_t versus $\ln E_t$	32
2.2. Relación FT_t versus $PL_t^{.33}$	35
2.3. Relación FT_t versus $\ln E_t$ y $PL_t^{.33} / \nabla$	40
2.4. Relación AE_t versus $PL_t^{.33} / \nabla$	43
2.5. Relación FT_t versus AE_t	46
2.6. Relación FT_t versus $\ln E_t$, $PL_t^{.33} / \nabla$ y AE_t'	48
3. MODELOS DE TRANSFERENCIA DEL CONSUMO DE FUEL-OIL NO TERMICO	59
3.1. Relación $\ln FR_t$ versus T_t	59
3.2. Relación $\ln FR_t$ versus $\ln IPI_t$	63
3.3. Relación $\ln FR_t$ versus T_t y $\ln IPI_t$	66

	<i>Páginas</i>
4. MODELIZACION DE LOS EFECTOS DE PRECIOS	75
4.1. Relación entre el consumo de fuel-oil no térmico y su precio	76
4.2. Relación entre el consumo de fuel-oil térmico y su precio.	83
5. CONCLUSIONES	89
APENDICE I. DATOS	93
APENDICE II. PRECIOS	103
BIBLIOGRAFIA	111

INTRODUCCION

Este trabajo forma parte de un proyecto de investigación mucho más amplio sobre la demanda de productos energéticos en general, llevado a cabo en colaboración con A. B. Treadway. Una parte sustancial de ese proyecto se encuentra a su vez recogida en la tesis doctoral «La Teoría Económica y el enfoque Box-Jenkins en la modelización de la demanda de productos energéticos: el fuel-oil y la energía eléctrica en España», dirigida por el profesor Treadway y presentada por mí en el Dpto. de Teoría Económica de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Complutense, en diciembre de 1980.

El trabajo es un intento de integración de la Teoría Económica, el enfoque Box-Jenkins del análisis de series temporales y un conjunto de datos de la economía española, para elaborar modelos de demanda de productos energéticos, con especial énfasis en la detección y medición de los efectos precio.

La literatura existente en el campo de la econometría aplicada a las demandas de productos energéticos adolece de profundas deficiencias, fundamentalmente de carácter metodológico. Aquí se utiliza una metodología diferente a la convencional, con la que se pretende superar los errores de especificación típicos de los modelos de demanda de energía.

Se ilustra la metodología con un análisis detallado de la demanda de fuel-oil en España, desglosada en dos componentes: la del fuel-oil utilizado en la generación térmica de electricidad y la del fuel con usos no térmicos. El objetivo del trabajo es proporcionar mecanismos operacionales de previsión y seguimiento de las dos demandas, e informar, no sólo de las políticas de precios, sino también de los efectos de otras variables, económicas y no económicas, mejorando así la comprensión de la relaciones entre dichas demandas y el resto de la economía, el clima, etc. Como producto adicional, se pretende también detectar y corregir errores en los datos oficiales utilizados.

El trabajo consta de cinco secciones y dos apéndices. En la sección primera se hace una descripción del enfoque Box-Jenkins, de la Teoría Económica relevante, de los datos y de los modelos univariantes utilizados en las secciones siguientes. En las secciones segunda y tercera se desarrollan los modelos de transferencia de los dos tipos de fuel-oil sin incluir los precios y en la sección cuarta se modelizan los efectos precio sobre ambos consumos. En la sección quinta se presentan las conclusiones del trabajo y en los dos apéndices se incluyen los datos reales (apéndice I) y los datos de precios (apéndice II).

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. *El enfoque Box-Jenkins*

No se pretende aquí en absoluto ofrecer un tratamiento detallado del enfoque Box-Jenkins, sino simplemente hacer una descripción muy general del mismo, así como introducir la notación utilizada (1).

Debe tenerse en cuenta que el enfoque Box-Jenkins es simplemente un instrumento para el análisis de datos y que en ningún caso debe considerarse, por tanto, que se trata de un sustituto de la Teoría Económica. Hay que señalar también que no es simplemente una teoría de estimación, sino que se trata de una metodología de elaboración de modelos que implica: (1) especificación de los modelos (o identificación en la terminología Box-Jenkins), (2) estimación de dichos modelos y, especialmente importante, (3) diagnosis de los mismos. La integración con la teoría correspondiente (Teoría Económica en este caso) surge de que esta última es la que proporciona los elementos conceptuales relevantes en las etapas de especificación y diagnosis en un análisis de datos concreto.

El enfoque Box-Jenkins está especialmente diseñado para modelizar las estructuras dinámicas y estocásticas, que tienen una importancia central en los análisis de datos cuando éstos se presentan en forma de series temporales. Su superioridad respecto a las restantes metodologías, especialmente a las usadas intensivamente en la práctica econométrica convencional, procede de que: 1) su representación de modelos es más general (en efecto, incluye los usados comúnmente y muchos otros), y 2) sus métodos de tratamiento de datos son también más generales y mucho más discriminatorios.

El enfoque Box-Jenkins incluye varios tipos de modelos o representaciones, que van desde algunos muy simples hasta otros muy comple-

jos. Cada una de estas clases de modelos tiene aplicaciones y limitaciones determinadas, así como una cierta notación estándar.

Puesto que en este trabajo se analizan series temporales mensuales sujetas a estacionalidad anual, presentamos todos los modelos incluyendo su parte estacional y utilizando un período estacional igual a 12.

Todos los análisis Box-Jenkins *comienzan* con la elaboración de un Modelo Estocástico Univariante (MEU) (2). Este tipo de modelo representa la estructura interna dinámica y estocástica de una sola serie temporal. La representación general es:

$$\begin{aligned}
 & \text{a) } \Phi_p(B^{12}) \phi_p(B) w_t + \Theta_q(B^{12}) \theta_q(B) a_t \\
 & \text{b) } w_t = \nabla_{12}^D \nabla^d z_t^{(u)} - \mu \\
 & \text{c) } z_t^{(u)} = \begin{cases} \frac{(z_t + m)^\lambda - 1}{\lambda} & \lambda \neq 0 \\ \ln(z_t + m) & \lambda = 0 \end{cases} \quad [1] \\
 & \text{d) } a_t \sim \eta(0, \sigma_a^2), E(a_t, a_{t'}) = 0, \text{ para } t \neq t',
 \end{aligned}$$

donde:

- z_t es el valor de la serie temporal analizada, en el tiempo t ,
- la transformación (1.c) es la transformación Box-Cox o transformación instantánea, con parámetros continuos (λ , m),
- μ es un parámetro continuo que representa la media de w_t ,
- B es el operador de retardo regular, tal que $Bz_t = z_{t-1}$,
- B^{12} es el operador de retardo estacional, tal que $B^{12} z_t = z_{t-12}$,
- ∇ es el operador de primera diferencia regular $\nabla = 1 - B$, tal que $\nabla z_t = z_t - z_{t-1}$,
- ∇_{12} es el operador de primera diferencia estacional $\nabla_{12} = 1 - B^{12}$, tal que $\nabla_{12} z_t = z_t - z_{t-12}$,
- d y D son parámetros enteros no negativos que definen, respectivamente, el número de diferencias regulares y estacionales aplicadas a $z_t^{(u)}$,
- $\phi_p(B) = 1 - \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p$ es el operador autorregresivo regular,
- $\theta_q(B) = 1 - \theta_1 B - \dots - \theta_q B^q$ es el operador de media-móvil regular,

- $\Phi_P(B^{12}) = 1 - \Phi_1 B^{12} - \dots - \Phi_P B^{12P}$ es el operador autorregresivo estacional,
- $\Theta_Q(B^{12}) = 1 - \Theta_1 B^{12} - \dots - \Theta_Q B^{12Q}$ es el operador de media-móvil estacional,
- p, q, P y Q son parámetros enteros no negativos que determinan el orden de cada uno de los cuatro operadores anteriores,
- $\{\phi_i\}, \{\Phi_i\}, \{\theta_i\}$ y $\{\Theta_i\}$ son parámetros continuos,
- y a_t es la serie temporal de los errores del modelo, que sigue un proceso estocástico de ruido blanco especificado por (1.d), y que tiene una distribución normal e independiente de media cero y varianza constante σ_a^2 .

Frecuentemente hablaremos de un proceso $ARIMA(p, d, q) \times (P, D, Q)_{12}$ para referirnos a un *MEU* que tiene la especificación (1) (3).

Los modelos estocásticos univariantes son útiles por varias razones. Generalmente se construyen para cualquier variable que vaya a relacionarse más tarde con otras variables «independientes»; en este caso el *MEU* sirve como punto de referencia para juzgar por comparación modelos más complejos; además su estructura concreta puede utilizarse como especificación inicial del proceso de error de dichos modelos más complejos. En el caso de las variables «independientes» también es útil construir los *MEUs* correspondientes para utilizarlos en las operaciones de preblanqueo en modelos posteriores; estas operaciones tienen como finalidad la detección de relaciones de dependencia entre variables sin confundir esta dependencia con la autodependencia de la variable «independiente». Los modelos estocásticos univariantes tienen también valiosas aplicaciones en sí mismos: pueden ser utilizados directamente en el seguimiento y previsión de series temporales aisladamente de otras series, y son además, instrumentos muy potentes para la depuración de datos, ya que sus residuos revelan con frecuencia errores en los mismos; otras veces sugieren la presencia de sucesos anómalos (tales como temperaturas extremas, cambios grandes y abruptos de precios, acumulación de stocks, etc.) que son estudiados más tarde y, cuando es posible, modelizados por separado. En muchos casos un *MEU* proporciona también una mayor comprensión de los mecanismos básicos que operan en el sistema del cual la serie temporal modelizada forma parte.

La limitación principal de los *MEUs* proviene de que son modelos basados en el menor conjunto de información posible: el pasado de la serie modelizada. Es obvio, por ello, que las previsiones de una varia-

ble hechas a partir de su modelo univariante, no serán adecuadas si alguna variable «independiente» que tiene influencia sobre la variable modelizada tiene un comportamiento futuro distinto al que ha tenido en el pasado.

A pesar de estas limitaciones, la construcción de modelos univariantes es un primer paso indispensable para la modelización de relaciones entre variables; la metodología econométrica convencional no dispone de un instrumento univariante semejante, y ésta es la causa de muchos de los errores de especificación que aparecen en la literatura, fundamentalmente relaciones espúreas.

La elaboración de un *MEU* no requiere el uso de Teoría Económica. Sin embargo, a medida que avanzamos hacia análisis más complejos que incluyen relaciones entre variables, entramos en un área en la que deben interaccionar instrumentos conceptuales (Teoría Económica) e instrumentos perceptuales (análisis de datos). En efecto, la Teoría Económica nos proporciona las hipótesis iniciales sobre los comportamientos y relaciones de las variables que se pretende modelizar, y el análisis de los datos se utiliza para contrastar dichas hipótesis; cuando éstas son rechazadas, deben ser reformuladas para hacerlas consistentes con los datos.

El segundo tipo de representaciones Box-Jenkins es el Modelo de Transferencia de un solo Output (*MTO*). En estos modelos, una variable llamada output del sistema analizado, se relaciona con uno o más inputs o variables «independientes». Si los inputs son series temporales estocásticas, usamos la representación *MTO* propiamente dicha, pero si los inputs son series determinísticas, se utiliza un caso especial del *MTO*, que es el Modelo de Intervención (*MI*). En algunos casos, las variables inputs, tanto estocásticas como determinísticas, pueden ejercer influencias diferentes sobre el output bajo diferentes circunstancias; por ejemplo, los efectos de los cambios de precios sobre la cantidad demandada pueden ser distintos dependiendo de que estos cambios sean grandes o pequeños. En estos casos se puede descomponer el input, obteniendo un Modelo de Transferencia Descompuesto (*MTOD*) (4).

Supongamos que Y_t es la variable output y que hay un sólo input, X_t . Supongamos también que ninguna de las dos variables necesita una transformación Box-Cox (5). Podemos entonces representar el *MTO* correspondiente como:

- a) $Y_t = U_t + N_t$
- b) $U_t = \nu(B) X_t$,

donde $v(B) = \frac{\omega_s(B) B^b}{\delta_r(B)}$

c) $N_t = \psi(B) a_t$

donde $\psi(B) = \frac{\Theta_Q(B^{12}) \theta_q(B)}{\Phi_P(B^{12}) \phi_p(B) \nabla_{12}^D \nabla^D}$

d) a_t es un proceso de ruido blanco,

donde:

- U_t es la parte del *output* explicada o generada por el *input*,
- N_t es el término de error o ruido de la relación, que se supone que sigue un proceso *MEU* ARIMA $(p, d, q) \times (P, D, Q)_{12}$ (2.c y 2.d),
- $v(B)$ es la función de transferencia,
- $\omega_s(B) = \omega_0 - \omega_1 B - \dots - \omega_s B^s$ es la parte de media-móvil de la función de transferencia,
- $\delta_r(B) = 1 - \delta_1 B - \dots - \delta_r B^r$ es la parte autorregresiva de la función de transferencia (6).
- b es un parámetro entero no negativo que representa el tiempo muerto de la función de transferencia,
- y la representación $\omega_s(B) B^b / \delta_r(B)$, que incluye sólo un número finito de parámetros, es la parametrización escueta de $v(B)$ (7).

Un *MTO* concreto queda descrito, por tanto, por los parámetros no negativos r, s y b , cuya elección se lleva a cabo en la fase de identificación, y por los parámetros continuos $\{\omega_i\}$ y $\{\delta_i\}$, que deben ser estimados eficientemente. Al discutir un *MTO*, haremos referencia frecuentemente a $v(B)$ como la estructura dinámica de la relación, y a $\psi(B)$ como la estructura estocástica del término de error o ruido de la relación.

Un aspecto importante de cualquier relación es la ganancia en estado estacionario, o efecto a largo plazo (8), dado por:

$$g = v(1) = \sum_{k=0}^{\infty} v_k,$$

siendo $v(B) = v_0 + v_1 B + v_2 B^2 + \dots$

Si Y_t y X_t están transformadas logarítmicamente, esta ganancia es la elasticidad a largo plazo de Y_t respecto a X_t . El efecto a corto plazo dependerá, obviamente, del número de meses que elijamos para definir el

«corto plazo». Por ejemplo, si consideramos como efecto a corto plazo (o elasticidad, si las variables están transformadas logarítmicamente) el efecto contemporáneo, vendrá dado por $v_0 = \omega_0$ (si $b = 0$). Si llamamos «corto plazo» a un trimestre, el efecto será: $v_0 + v_1 + v_2$ etc.

Los valores de v_k considerados como una función de $k = 0, 1, \dots$, se llaman la función de respuesta a impulsos de la función de transferencia

y, de forma similar, los valores de $\sum_{j=0}^k v_j$ se llaman la función de respu-

ta a un escalón. La primera mide los efectos sobre el *output* de un impulso (una variación puramente transitoria del *input*, de forma que $X_t = 0$ para todo t , excepto para un $t = t^*$, en que $X_{t^*} = 1$) y la segunda mide los efectos de un escalón (un cambio permanente del *input*, de forma que $X_t = 0$ para $t < t^*$, y $X_t = 1$ para $t \geq t^*$).

Sucede a veces que el *input* tiene diferentes efectos sobre el *output* según que ocurra o no determinada circunstancia (situaciones que llamamos 1 y 2). Podemos en estos casos descomponer el *input* de forma que $X_t = X_t^1 + X_t^2$, y desarrollar el *MTOD*:

$$Y_t + v_1 (B) X_t^1 + v_2 (B) X_t^2 + N_t, \text{ fácilmente generalizable a partir de (2).}$$

Un *MTO* es similar en muchos aspectos a una ecuación de regresión convencional, por lo que algunos autores lo denominan modelo de regresión dinámico. La diferencia fundamental entre un *MTO* desarrollado mediante el enfoque Box-Jenkins y un modelo de regresión (dinámico o no) desarrollado mediante técnicas econométricas convencionales, radica en el procedimiento usado para construirlo a partir de un conjunto dado de datos. La econometría convencional elige las formas específicas de $v(B)$ y $\psi(B)$ mediante procedimientos que prestan mucha menos atención a los datos analizados que el enfoque Box-Jenkins, y recurren mucho más a procesos *a priori*, supuestamente fundados en la teoría económica, pero esencialmente *ad hoc* en muchos casos (9).

El *MTO* puede utilizarse para mejorar las previsiones de la variable *output* conseguidas con el *MEU* correspondiente. Puesto que el modelo de transferencia utiliza más información que el modelo univariante, *sus previsiones nunca pueden ser peores que las de este último*, si ambos modelos están bien contruidos (10). Otra aplicación de los *MTOs* es para objetivos de simulación.

La principal limitación del *MTO* radica en que supone relaciones en una sola dirección; es decir X_t influye en Y_t sin realimentación. Además, es un modelo de un sólo output, lo que limita su aplicación a la modelización de múltiples problemas.

El enfoque Box-Jenkins utiliza también otros dos tipos de modelos: el Modelo Estocástico Multivariante (*MEM*), que admite realimentación, y el Modelo de Transferencia de Outputs Múltiples (*MTOM*), que supera la segunda limitación mencionada para el *MTO*. Estos últimos permiten también la incorporación de inputs de intervención y de inputs descompuestos. Estos dos tipos de modelos sólo se utilizan de forma marginal en este trabajo (11).

1.2. *La teoría económica relevante*

La Teoría Económica proporciona el marco de referencia conceptual de este trabajo, además de desempeñar un papel esencial en la interpretación de sus resultados empíricos. La diferencia fundamental entre este estudio y otros estudios previos sobre el mismo tema, es que no trata de utilizar la Teoría Económica para especificar las estructuras dinámicas y estocásticas concretas, sino para formular expectativas respecto a las propiedades *a largo plazo* de los modelos de demanda (12). Tampoco se trata con este estudio de desarrollar nueva teoría económica, sino simplemente de rellenar ciertas lagunas entre la Teoría Económica existente y los modelos empíricos de demanda.

No hay duda de que los componentes más convincentes de la Teoría Económica son los relacionados con las elecciones a largo plazo de las economías domésticas y de las empresas individuales. También es verdad que cuando se trabaja a nivel agregado, la agregación puede destruir las propiedades del comportamiento óptimo a largo plazo. Y que cuando se entra en el terreno del corto plazo, tanto a nivel individual como agregado, algunas de las proposiciones teóricas son mucho menos convincentes que las formuladas para el largo plazo.

Uno de los componentes *a priori* más importantes de nuestra aproximación teórica al tema estudiado, es que los precios de los productos energéticos están dados exógenamente y no están, por tanto, determinados por la interacción entre las respectivas demandas y ofertas. Este supuesto está justificado en este caso porque los precios de los distintos tipos de energía en España son precios políticos que están sometidos a variaciones poco frecuentes. Se podría pensar que las condiciones de

oferta juegan un cierto papel en las decisiones tomadas para fijar estos precios, pero el hecho de que sus variaciones sean poco frecuentes sugiere que son los precios los que influyen sobre las cantidades con una realimentación de importancia empírica mínima.

No ocurre lo mismo con las variables de escala analizadas (el Índice de Producción Industrial, por ejemplo), que quizás no sean exógenas al sistema que estudiamos. Hacemos, sin embargo el supuesto de que tales variables son exógenas porque la naturaleza de las relaciones empíricas encontradas (puramente contemporáneas) es tal, que este supuesto, aunque inválido, sólo da lugar a errores de pequeña magnitud en nuestros modelos; errores que, en cualquier caso, pueden ser eliminados satisfactoriamente utilizando los algoritmos de estimación conjunta asociados con los *MTOM*, en lugar de los algoritmos de estimación de una sola ecuación asociados con el *MTO*. En la mayoría de los casos estudiados, sin embargo, éste no parece ser un problema empírico importante, aunque surgen algunas excepciones que se discuten en la sección correspondiente a cada caso.

Una distinción conceptual importante en la demanda de productos energéticos surge del hecho de que tales productos son consumidos, prácticamente en todos los casos, a través de la utilización de algún tipo de bien duradero o bien de capital. Por ejemplo, la gasolina-auto se consume mediante la utilización de automóviles, la electricidad se consume a través de electrodomésticos y maquinaria eléctrica, etc. Esto implica que hay dos aspectos en el comportamiento de la demanda del producto: 1) un aspecto relacionado con la intensidad con la que se utiliza un stock dado del bien duradero o de capital, y 2) otro aspecto relacionado con los cambios en el propio stock, dada una cierta intensidad en su utilización. Un aumento del precio de la gasolina puede dar lugar, por ejemplo, a una reducción en la cantidad consumida, dado un cierto tamaño y configuración del parque de automóviles, a través de un cambio en los hábitos de utilización de los vehículos; y además a una reducción de consumo adicional derivada del efecto negativo del aumento del precio de la gasolina sobre el crecimiento del parque.

Es muy difícil implementar en la práctica empírica esta definición teórica entre los dos tipos de efectos por las dificultades que surgen generalmente al tratar de medir el stock de bienes duraderos implicado en cada caso. Sin embargo, la distinción teórica es relevante para entender qué tipo de efectos estamos captando probablemente y qué efectos estamos infraestimando, porque es razonable esperar *a priori* que

los efectos sobre la utilización de un stock dado sean mucho más rápidos que los efectos sobre el propio stock, que pueden ser tan lentos que sea difícil captarlos aún disponiendo de datos fiables sobre el mismo (13).

Para clarificar los puntos anteriores podemos desarrollar el siguiente modelo. Sea Y_t el flujo mensual de alguna demanda de energía, por ejemplo energía eléctrica consumida por las economías domésticas en la utilización de electrodomésticos, y sea S_t una medida del stock de electrodomésticos (14). Podemos definir $U_t \equiv Y_t / S_t$ como la tasa de utilización o consumo mensual de electricidad por unidad de electrodoméstico. Puesto que la mayoría de las series temporales económicas siguen procesos lineales logarítmicos, y por razones de conveniencia para esta ilustración, tomamos logaritmos para obtener la identidad.

$$\ln Y_t \equiv \ln U_t + \ln S_t \quad [1]$$

Sea P_t el precio relativo de la electricidad en usos domésticos, X_t la renta real disponible y Z_t^U las otras variables (económicas o no económicas) que pueden influir en la utilización del stock de electrodomésticos (15). Si consideramos el comportamiento optimizador a largo plazo de los usuarios domésticos de electricidad, *dado un stock de electrodomésticos*, se puede derivar mediante un ejercicio elemental, una relación de demanda de utilización de la forma:

$$\ln U_t^* = \alpha_1 \ln P_t + \alpha_2 \ln X_t + \alpha_3 \ln Z_t^U \quad [2]$$

donde U_t^* es la utilización del stock a largo plazo, y donde la Teoría Económica sugiere que $\alpha_1 < 0$ (si la electricidad no es un bien Giffen) y $\alpha_2 > 0$ (si la electricidad no es un bien inferior).

No hay nada en el ejercicio de optimización anterior que garantice que el comportamiento respecto a la utilización a corto plazo se deba ajustar a la relación [2]. En efecto, los usuarios domésticos de electricidad pueden no tomar conciencia inmediatamente de los cambios en el precio o en la renta disponible; por ello las constantes α_1 de la relación [2] pueden ser perfectamente funciones de transferencia del tipo $\alpha_1(B)$ cuando consideramos el comportamiento a corto plazo, sin que esto altere la propiedad de [2] de describir el comportamiento de los usuarios de electricidad una vez que son conscientes de los cambios, es decir, en el largo plazo. Tampoco hay ninguna razón *a priori* para suponer que existe relación entre las funciones de transferencia, excepto que sus ga-

nancias tienen restricciones de signo en el largo plazo. Por otra parte, la teoría nunca será lo suficientemente buena como para librarnos del error. Podemos, por todas estas razones, generalizar la relación [2] escribiendo:

$$\ln U_t = \alpha_1 (B) \ln P_t + \alpha_2 (B) \ln X_t + \alpha_3 (B) \ln Z_t^U + N_t^U \quad [3]$$

En el caso poco frecuente en que pudiéramos de alguna forma observar el stock S_t trabajaríamos empíricamente con una relación del tipo:

$$\ln Y_t = \alpha_1 (B) \ln P_t + \alpha_2 (B) \ln X_t + \alpha_3 (B) \ln Z_t^U + \alpha_4 (B) \ln S_t + N_t^U \quad [I]$$

Esta relación surge de sustituir [3] en [I] y de permitir también una función de transferencia para el stock.

Una relación de tipo [I], con el stock incluido explícitamente, mediría, en principio, únicamente efectos sobre la utilización de dicho stock. La Teoría Económica sugeriría que $g_1 = \alpha_1(1) < 0$ y que $g_2 = \alpha_2(1) > 0$, y esperaríamos en general que $0 < g_4 = \alpha_4(1) \leq 1$, donde $\alpha_4(1)$ no tendría que ser necesariamente igual a la unidad, como en [1], porque las propiedades de la utilización marginal del stock no tienen por qué ser iguales a las propiedades de su utilización media; el término de error, N_t^U representa fundamentalmente los errores de la especificación [3] (16).

En la práctica, cualquier medida del stock S_t de la que podamos disponer, siempre tendrá probablemente deficiencias que darán lugar a que las relaciones de tipo [I] que la incluyen, capten en $\alpha_1(B)$ y $\alpha_2(B)$ algunos aspectos de los efectos sobre el stock.

Ahora bien, el stock en sí mismo no es un factor no-económico. Por lo tanto, de la misma forma que desarrollamos en [2] y [3] el comportamiento económico respecto a la utilización, podemos deducir una relación de demanda a corto plazo para el stock.

[4]

donde la teoría de optimización a largo plazo sugiere que, $\ln S_t = \beta_1(B) \ln P_t + \beta_2(B) \ln X_t + \beta_3(B) \ln Z_t^S + N_t^S$, donde Z_t^S incluye cualquier otra variable que pueda influir en el stock, donde N_t^S es un proceso de error, y donde no tenemos por qué restringir las funciones de transferencia $\beta_1(B)$, $\beta_2(B)$ y $\beta_3(B)$ en ningún sentido, excepto en términos de las propiedades a largo plazo ya mencionadas, ya que la formación de expectativas puede ser diferente para las diferentes variables, etc.

Cuando se dispone de estadísticas sobre el stock, se puede tratar de construir una versión empírica de la relación [4]. De hecho, hay un gran volumen de literatura económica que contiene relaciones de esta forma, generalmente con todo tipo de restricciones económicas *ad hoc*, no justificadas empíricamente, sobre las funciones de transferencia y sobre la estructura del proceso de error, similares a las que se encuentran en la literatura básica sobre demandas de energía.

Si sustituimos [4] en [1], obtenemos una relación del tipo:

$$+ \alpha_3 (B) \ln Z_t^U + \alpha_4 (B) \beta_3 (B) Z_t^S + N_t^U + \alpha_4 (B) N_t^S, \quad [II]$$

que puede ser reescrita como:

$$\ln Y_t = \gamma_1 (B) \ln P_t + \gamma_2 (B) \ln X_t + \alpha_3 (B) \ln Z_t^U + \gamma_3 (B) \ln Z_t^S + N_t^Y, \quad [II']$$

donde:
$$N_t^Y = N_t^U + \alpha_4 (B) N_t^S,$$

$$\gamma_1 (B) = \alpha_1 (B) + \alpha_4 (B) \beta_1 (B), \gamma_2 (B) = \alpha_2 (B) + \alpha_4 (B) \beta_2 (B), \text{ y}$$

$$\gamma_3 (B) = \alpha_4 (B) \beta_3 (B)$$

Cuando se dispone de estadísticas del stock se puede, por tanto, modelizar [4], obtener un estimador de N_t^S y llegar a un modelo mejor que el [I] usando la relación [II], donde N_t^S representaría la parte del stock que no está influenciada por las variables incluidas explícitamente en el modelo. Desgraciadamente, esto no es generalmente posible por las dificultades de observación del stock.

Dadas estas dificultades (escasez de datos y deficiencias de los que existen), se debe recurrir a modelizar relaciones del tipo [II'], donde *no es posible discriminar empíricamente entre los efectos utilización y los efectos stock*. A pesar de esta limitación, se pueden obtener algunas conclusiones del desarrollo anterior, útiles para el trabajo empírico.

En primer lugar, la Teoría Microeconómica de optimización sugiere: 1) cuáles son las variables que deben entrar en la relación [II'], o bien porque afecten a la utilización del stock o bien porque afecten al propio stock, y 2) cuáles son los signos que debemos esperar en las

elasticidades a largo plazo, $\gamma_1(1)$, $\gamma_2(1)$, $\gamma_3(1)$, etc., para que tengan sentido económico.

En segundo lugar, el hecho de que los efectos sobre la utilización del stock sean probablemente más rápidos que los efectos sobre el stock, sugiere que los primeros deben ser más fáciles de detectar y modelizar que los segundos, lo que nos proporciona alguna información sobre las interpretaciones más plausibles que podemos dar a nuestros modelos y sobre las limitaciones más probables a las que estarán sometidos. Por ejemplo, en el trabajo sobre fuel-oil no térmico encontramos que la función de transferencia del propio precio es $\gamma_1(B) = -.46$, lo que implica la existencia de un único efecto inmediato. Esto no debe ser interpretado como sugerente de que la industria reajusta sus stocks de capital que utilizan fuel-oil el mismo mes en que aumenta el precio de éste, lo que sería absurdo. Este resultado de $-.46$ debe ser interpretado como formado por dos componentes: a) la mayor parte corresponde indudablemente a un efecto-utilización del stock existente, y b) otra parte puede ser aproximada mediante una función de transferencia del stock del tipo ($s=0$, $r=1$, $b=0$), que admite una respuesta muy lenta del stock a las variaciones del precio. Un aspecto importante de esta interpretación es que el valor obtenido de $-.46$ quizás sobreestime ligeramente el efecto precio total a corto plazo, en la medida en que recoja algunos de los efectos stock; pero también es probable que infraestime drásticamente el efecto total a largo plazo, en la medida en que los efectos sobre el stock sean muy lentos.

Aunque éste no es el lugar para comentar en detalle las limitaciones de las técnicas empíricas para detectar procesos con respuestas muy lentas, es obvio que tales limitaciones existen, independientemente de la metodología de análisis de datos que se apliquen. Cualquiera que sea esta metodología, es imposible detectar empíricamente con una muestra de datos que cubre 8 años, respuestas que tienen vidas medias de 25 años por ejemplo, y esta limitación no puede ser superada, por supuesto, mediante las especificaciones dinámico-estocásticas *ad hoc* habituales en la literatura.

Los procesos de error N_t de todos nuestros modelos representan la contrapartida empírica de la condición *ceteris-paribus* de la Teoría Económica, ya que en ellos se recogen todas las variables que no están incluidas explícitamente en los modelos. Es, por ello, extremadamente importante que estén adecuadamente representados. No menos importante es tratar de explicitar el mayor número de variables relevantes a cada demanda concreta, de forma que el término de error tenga el me-

nor contenido posible; si no hacemos esto, corremos el riesgo de que los efectos del precio, que son nuestro principal objetivo, no se manifiesten totalmente, quedando en parte incluidos en el error.

1.2.1. Precios reales versus precios nominales

En las relaciones [I], [4], [II] y [II'], hemos limitado de forma consciente los modelos para medir únicamente efectos de variables reales. Vamos ahora a considerar explícitamente los efectos del nivel general de precios en el contexto de la demanda doméstica de un producto energético; los resultados de esta ilustración pueden ser fácilmente extendidos a la demanda de una empresa.

En la relación [II], por ejemplo, cada una de las variables P_t y X_t es una variable nominal deflactada por el índice de precios más adecuado; llamemos P'_t al deflactor utilizado. Podemos reinterpretar ahora los símbolos de forma que P_t y X_t representen los precios nominales sin deflactar. Los inputs en la relación [II] serían, con esta nueva interpretación de los símbolos, P_t / P'_t y X_t / P'_t . Dada la estructura logarítmica de [II], podemos escribir la siguiente generalización de [II] para aislar los efectos del deflactor:

$$\ln Y_t = \alpha_1(B) \ln P_t + \alpha_2(B) \ln X_t + \alpha_3(B) \ln Z_t^U + \alpha_4(B) \ln S_t + \alpha_5(B) \ln P'_t + N_t^U, \quad [I']$$

donde la Teoría Económica sugiere que $g_1 = \alpha_1(1) < 0$, $g_2 = \alpha_2(1) = 0$, y donde la condición de homogeneidad de grado cero de las funciones de demanda implica que $\alpha_5(1) = -[\alpha_1(1) + \alpha_2(1)]$. Sin embargo la Teoría Económica no requiere que esta condición se cumpla a corto plazo, es decir, que: $\alpha_5(B) = -[\alpha_1(B) + \alpha_2(B)]$. De hecho, los procesos a través de los cuales un consumidor obtiene información y forma expectativas respecto al deflactor P'_t , son generalmente muy diferentes a los que sigue con otras variables; por lo tanto, sus reacciones pueden ser muy distintas y probablemente más lentas. En efecto, el consumidor conoce su renta actual y el precio del bien considerado con bastante rapidez y con un coste de búsqueda de información mucho más bajo que el relativo al índice de precios elegido como deflactor.

En el trabajo empírico podemos en general detectar más fácilmente los efectos de P_t y X_t que los de P'_t (17). En primer lugar, porque el signo de $\alpha_5(1)$ no está necesariamente restringido de antemano, ya que P'_t

puede interaccionar de múltiples formas con otras variables no incluidas explícitamente en el modelo. En segundo lugar, la respuesta del consumo a las variaciones de P_i' serán más lentas que las otras respuestas, como ya hemos mencionado, y las respuestas lentas son siempre más difíciles de detectar y medir que las respuestas rápidas. En tercer lugar, un índice general de precios es una serie temporal agregada y por ello estará sometida a mayores errores de medida que otras variables (18).

Cuando se elaboran modelos en los que se utiliza el precio nominal del bien, sin incluir explícitamente el deflactor como input, por las dificultades mencionadas para medir su efecto, podemos, dada la forma de $[I']$, considerar que dicho efecto se encuentra recogido por el término de error del modelo (19).

1.3. *Descripción de los datos*

Los datos analizados en este trabajo y las fuentes de las que se han obtenido se presentan, excepto los datos de precios, en los cuadros del Apéndice I. El Apéndice II contiene los datos de los diferentes precios incluidos en los modelos y una breve descripción de las políticas seguidas en la fijación de los mismos.

Todos los datos son utilizados en forma de series temporales de periodicidad mensual, y el período muestral es el comprendido entre enero de 1970 y diciembre de 1977.

La serie de fuel-oil utilizado en usos distintos a las centrales térmicas tiene un considerable nivel de agregación, puesto que incluye los consumos en los distintos sectores de la Economía que lo utilizan como un input en sus procesos productivos, más los consumos en sistemas de calefacción. CAMPSA publica actualmente datos desagregados por industrias, pero sólo desde fechas muy recientes, por lo que no ha sido posible utilizarlos. La serie de precios correspondiente a este producto es, por el contrario, una serie bien definida.

La serie de fuel-oil térmico está agregada para todas las centrales térmicas convencionales que lo utilizan. El precio también está bien definido, pero no ocurre lo mismo con los sistemas de compensación a las centrales por el uso de fuel-oil o carbón; también utilizamos un precio que pretende representar el precio medio de los diferentes tipos de carbones utilizados en las centrales; la construcción de esta serie, así

como el sistema de compensaciones mencionado, están contenidos en el Apéndice II.

A partir de la serie del precio del fuel-oil no térmico, se han construido, por descomposición, otras series parciales de precios para tratar de captar posibles respuestas no uniformes del consumo.

También se han utilizado datos de otras dos variables económicas (el consumo agregado de Energía Eléctrica y el Índice de Producción Industrial) y de algunas variables no económicas (temperatura, agua embalsada y pluviosidad), que entran como inputs en los modelos de transferencia.

La decisión de utilizar datos mensuales en lugar de anuales, a pesar de la limitación que esto supone en cuanto a la no disponibilidad de datos desagregados en muchos casos, está tomada en función de varios objetivos importantes en todo trabajo empírico. Es posible con este tipo de datos, por ejemplo, detectar y corregir errores en los mismos, detectar efectos puramente transitorios de los precios, etc. Por otra parte, se facilita la modelización empírica de las respuestas del consumo a los cambios de precios, porque permite una mejor definición de dichos cambios en el tiempo; en efecto, en los análisis de datos más desagregados en el sentido temporal (anuales, por ejemplo), surgen importantes ambigüedades, no sólo en cuanto a la definición del punto del tiempo en que se produce la variación del precio, sino también respecto a la cuantificación de dicha variación. Por último, la utilización de datos de periodicidad mensual permite tener un número de observaciones suficiente como para poder confiar en la teoría de estimación de grandes muestras. De hecho, con una muestra de sólo 8 años, como la que se utiliza en este trabajo, se dispone de observaciones suficientes para asegurar un mínimo de 70 grados de libertad en los modelos más complejos.

1.4. *Modelos univariantes*

Se presentan a continuación los modelos univariantes de todas las series que forman parte de los modelos de transferencia desarrollados en las dos próximas secciones (20). En el caso de las dos series de fuel-oil, se acompaña el modelo de la varianza residual, de una lista de los residuos anómalos (expresando su valor en unidades de su desviación típica), y de un gráfico de los residuos del modelo.

A) *Fuel-oil térmico* (FT_t)

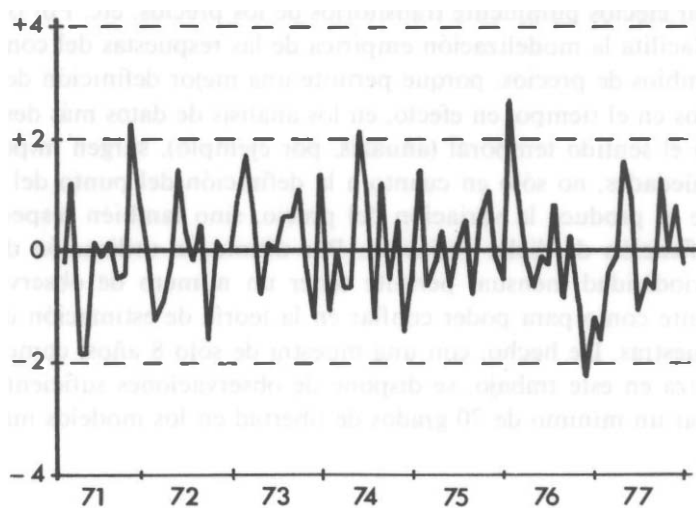
Modelo FT1:

$$\nabla \nabla_{12} FT_t = (1 - .85 B^{12}) a_t \quad (.04)$$

$$\sigma_a^2 = 6.522 \times 10^3,$$

Residuos anómalos:

Núm. Obs.	Fecha	Valor en Unidades $\hat{\sigma}_a$
23	11/71	2.1
53	5/74	2.0
73	1/76	2.5
83	11/76	-2.3



Residuos - Gráfico 1.1

B) *Fuel-oil no térmico* (FR_t)

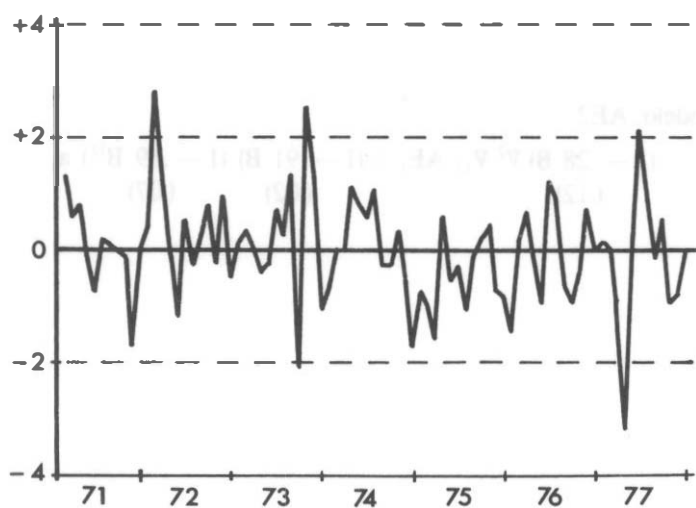
Modelo FR1:

$$\nabla \nabla_{12} \ln FR_t = (1 - .70 B) (1 - .87 B^{12}) a_t \quad (.08) \quad (.08)$$

$$\sigma_a^2 = 8.60 \times 10^{-3},$$

Residuos anómalos:

Núm. Obs.	Fecha	Valor en Unidades $\hat{\sigma}_a$
26	2/72	2.8
45	9/73	-2.2
46	10/73	2.5
88	4/77	-3.3



Residuos - Gráfico 1.2

C) *Energía eléctrica* (E_t)

Modelo E1:

$$\nabla \nabla_{12} \ln E_t = (1 - .64 B) (1 - .52 B^{12}) a_t$$

(.08) (.11)

D) *Índice de Producción Industrial* (IPI_t)

Modelo IPI3:

$$(1 + .04 B^{12} + .034 B^{24}) \nabla \nabla_{12} \ln IPI_t = (1 - .48 B) (1 - .83 B^{12}) a_t$$

(.10) (.10) (.10) (.05)

E) *Temperatura* (T_t)

Modelo T2:

$$\begin{array}{ccc} (1 - .17 B) \nabla_{12} T_t = (1 - .85 B^{12}) a_t & & \\ (.11) & & (.04) \end{array}$$

F) *Pluviosidad* (PL_t)

Modelo PL1:

$$\begin{array}{ccc} (1 - .23) \nabla_{12} PL_t^{\lambda} = (1 - .86 B^{12}) a_t & & \\ (.11) & & (.04) \end{array}$$

G) *Agua embalsada* (AE_t)

Modelo AE2:

$$\begin{array}{ccccc} (1 - .28 B) \nabla^2 \nabla_{12} AE_t = (1 - .91 B) (1 - .69 B^{12}) a_t & & & & \\ (.12) & & (.02) & & (.07) \end{array}$$

NOTAS

(1) Véase Box y Jenkins (1970), donde se presenta inicialmente esta metodología. Jenkins (1979, a) es una exposición reciente de la misma, actualizada y considerablemente ampliada mediante la utilización de nuevas técnicas no incluidas en el libro original, y enfocada a resolver numerosos problemas prácticos de la elaboración de modelos.

(2) Un error frecuente en muchos autores consiste en pensar que los análisis Box-Jenkins también *terminan* con la construcción de un *MEU*. Véase Bopp y Neri (1978) y Murray et al. (1978), que construyen *MEUs* Box-Jenkins para compararlos con «modelos econométricos» que contienen relaciones entre variables, construidos mediante técnicas de regresión. Lo correcto hubiera sido construir también modelos de relaciones utilizando el enfoque Box-Jenkins, en cuyo caso las comparaciones habrían resultado triviales. Aremany (1977) parece cometer un error del mismo tipo.

(3) Cada uno de los operadores $\Phi(B)$, $\phi(B)$, $\Theta(B)$ y $\theta(B)$ debe ser estable, para lo cual sus raíces tienen que estar fuera del círculo unitario.

(4) Véase en Jenkins (1979, a), pp. 81-87, un ejemplo de este tipo de modelos. Treadway, Carabajo y García-Pardo (1978) también incluye un *MTOD* detallado.

(5) En el caso en que los *MEUs* de X_t e Y_t revelen que $\lambda_X \neq 1$ ó $\lambda_Y \neq 1$, el lector puede imaginar que los símbolos utilizados en el texto se refieren a las variables transformadas.

(6) El operador $\delta_r(B)$ debe ser estable, es decir, sus raíces deben estar fuera del círculo unitario. Obsérvese que ω_0 no está sujeto a la restricción de ser igual a la unidad.

(7) De forma similar, $\psi(B)$ es la función de transferencia del *MEU* introducido en (1), utilizado aquí para representar el término de error, N_t , y (1.a) es su representación escueta.

(8) En la Nota 12 de la Sección 1.2, se aclaran las posibles diferencias entre los conceptos de corto y largo plazo en la Teoría Económica y en las representaciones Box-Jenkins utilizadas en este trabajo.

(9) Véanse Secciones 1.3 y 1.4 de García-Pardo, J. (1981).

(10) Esta es la razón por la que los ejercicios de comparación de Bopp y Neri (1978) y de Murray et al. (1978), mencionados en la Nota 2, carecen de sentido como criterio de evaluación del enfoque Box-Jenkins. Sólo serían informativos si las previsiones generadas por el *MEU* fueran mejores que las generadas por el modelo de relaciones elaborado con técnicas convencionales. Este es el caso de las comparaciones hechas por Nelson (1973) y Naylor et al. (1972), donde los modelos de relaciones son modelos econométricos convencionales y generan peores previsiones que los *MEUs* correspondientes.

(11) El lector interesado puede consultar, a este respecto, Jenkins (1979, a) y Tiao y Box (1979).

(12) Queremos matizar aquí la relación entre los conceptos de *corto plazo* y *largo plazo* utilizados en el enfoque Box-Jenkins, y los propios de la Teoría Económica. Esta matización es especialmente relevante en conexión con la Teoría Económica de estática comparativa.

La Teoría Económica de estática comparativa proporciona una distinción entre el corto y el largo plazo que está basada en un problema de optimización estática. Se entiende así por *largo plazo* aquella situación en la que se permite que todas las variables sujetas a elección varíen óptimamente.

En el corto plazo se resuelve el mismo problema de optimización fijando algunas de las variables que a largo plazo estarían sujetas a variación.

Los conceptos de *corto plazo* y *largo plazo* utilizados en este estudio *no* son los ofrecidos por la teoría de estática comparativa. Se concibe una relación $v(B)$ entre una variable endógena (dependiente) Y_t , y otra exógena (independiente) X_t , relación que tiene un error N_t . Esta relación se puede tratar bajo un supuesto *ceteris paribus* suponiendo $N_t = N$ constante. El efecto a corto plazo (adoptando, por ejemplo, un criterio mensual del corto

plazo) de X_t sobre Y_t es v_0 , y el efecto a largo plazo es $\sum_{k=0}^{\infty} v_k$, pero no se pretende definir cuáles son las variables endógenas omitidas que varían (o no) en el corto plazo, o cómo varían. (Tales cuestiones podrían tratarse en sistemas más amplios, por ejemplo el *MTOM*, donde podrían incluirse variables endógenas aquí omitidas). Esto simplemente revela la naturaleza limitada de todo modelo empírico: siempre hay variables omitidas, tanto endógenas como exógenas.

Más adelante, presentamos en el texto una distinción teórica entre los efectos utilización y los efectos stock del precio de un producto energético. Es importante entender que, de acuerdo con los comentarios anteriores, *no* indentificamos el primero con el corto plazo y el segundo con el largo plazo.

(13) Taylor (1975), pp. 80-83, hace el supuesto extremo y poco creíble de que el comportamiento sobre la utilización de un stock es económico a corto plazo, pero no económico y constante a largo plazo. Este supuesto implicaría, por ejemplo, que los efectos utilización a corto plazo de los cambios del precio son puramente transitorios. En efecto, supongamos que U_t es la tasa de utilización de un stock de bienes duraderos que usan un producto energético, que P_t es el precio de dicho producto, y que $\ln U_t = v(B) \ln P_t$ describe la relación entre ambas variables. Para que la decisión sobre la utilización del stock sea no económica a largo plazo, es preciso que la elasticidad $g = v(1)$ sea igual a cero. Pero si $v(1) = 0$, $v(B)$ tiene una raíz unitaria y puede escribirse en la forma $v(B) = v^*(B) \nabla$, en cuyo caso $\ln U_t = v^*(B) \nabla \ln P_t$, con sólo un efecto transitorio del precio sobre la utilización, pero no tiene sentido económico suponer *a priori* que sólo existen efectos de este tipo.

(14) Tratamos este problema como un problema de demanda doméstica, pero se pueden obtener resultados similares considerando demandas de empresas.

(15) No incluimos explícitamente otras variables que pueden ser relevantes en este caso concreto, porque nuestro objetivo no es desarrollar un modelo para un producto determinado, sino simplemente exponer algunas ideas sobre demandas de energía en general.

(16) Los términos de error como el N_t^U seguirán procesos estocásticos lineales cuando las variables estén correctamente transformadas, pero no tienen necesariamente que ser estacionarios en la media.

(17) En realidad, dado el carácter agregado de X_t , algunas de las dificultades que surgen para P_t^* pueden ser aplicables también a esta variable.

(18) En los dos productos analizados en este trabajo hemos encontrado esencial trabajar con precios nominales sin deflactar, ya que los dos precios varían según escalones muy bien definidos, mientras que el Índice de Precios del Consumo, y otros índices que se intentaron utilizar como deflactores, varían suavemente, lo que hace necesario un análisis descompuesto por razones puramente empíricas.

(19) De hecho, si el precio del bien cuya demanda estamos modelizando es la única variable nominal que interviene como input en el modelo, como ocurre en los modelos desarrollados en este trabajo se puede ver fácilmente que, cuando se utilizan transformaciones logarítmicas, la función de transferencia del precio nominal es la misma que la que tendría el deflactor si hubiéramos utilizado el precio real del bien como input. Por ello, el efecto del precio nominal estimado en nuestros modelos es interpretable como el efecto del precio real.

(20) En los capítulos II, III y IV de García-Pardo, J. (1981) se encuentra el análisis detallado de estos modelos.

2. MODELOS DE TRANSFERENCIA DEL CONSUMO DE FUEL-OIL TÉRMICO

El objetivo de esta sección es desarrollar un modelo de transferencia en el que el consumo de fuel-oil térmico es el output, y cuyos inputs son aquellas variables, distintas a los precios, que tienen influencia en la evolución de la serie. Lo mismo se hará en la sección 3 con el consumo de fuel-oil no térmico.

La finalidad última de este trabajo es medir la respuesta de ambos consumos a las variaciones de sus respectivos precios. El primer paso para conseguir este objetivo consiste en eliminar, en la medida de lo posible, las influencias de otras variables sobre FT_t y FR_t , ya que estas influencias pueden contribuir a ocultar dicha respuesta. La descripción de este primer paso es el contenido de las secciones 2 y 3. Los efectos de las variaciones de precios los buscamos, en un segundo paso, en los términos de error o ruidos que surgen de los modelos de transferencia aquí elaborados, que son las partes de FT_t y FR_t que no pueden ser explicadas por las variables input. Este es el objetivo de la sección 4.

Las centrales térmicas convencionales queman fuel-oil o carbón en la generación de electricidad y algunas, en muy pequeña medida, utilizan gas natural. Entre estas centrales, las que usan fuel-oil como input tienen, durante el período analizado, un peso importante (21).

Los otros dos tipos de centrales generadoras de electricidad son las centrales nucleares y las hidráulicas. Las centrales nucleares se caracterizan por sus altos costes de parada y puesta en funcionamiento y por tener costes marginales de producción muy bajos, lo que da lugar a que funcionen a plena carga durante un número de horas muy superior al de cualquier otro tipo de central. Estos factores implican que el total de electricidad generada en plantas nucleares es una variable que no afecta en gran medida la decisión sobre el consumo de fuel-oil térmico.

El principal input sustitutivo del fuel-oil en la generación de electricidad es el input hidroeléctrico o energía potencial del agua embalsada, y las posibilidades de sustitución dependen de los niveles de los embalses. Esto nos lleva a incluir como primer input en el modelo de transferencia del fuel-oil térmico la serie de pluviosidad (PL_t) que, sin ninguna duda, es una variable exógena al sistema.

Otro input sería el stock de agua contenida en los embalses (AE_t). Ahora bien, la consideración de AE_t como input de FT_t presenta dos problemas. En primer lugar, puede existir una relación bidireccional entre AE_t y FT_t ; en efecto, dado un nivel de producción de energía eléctrica, cuanto más fuel-oil se utiliza en su producción menos agua sale de los embalses, lo que puede dar lugar a una relación desde FT_t hacia AE_t . Para contrastar esta hipótesis, estimamos un modelo bivalente con FT_t y AE_t como outputs, una vez eliminados de ambos los efectos de sus respectivos inputs. El resultado de este modelo nos hace rechazar la hipótesis de bidireccionalidad confirmándose AE_t como input de FT_t . En segundo lugar, hay que evitar la alta correlación esperable entre la pluviosidad y el agua embalsada. En efecto, la magnitud de AE_t depende básicamente de la acumulación de lluvias caídas hasta ese período y de las salidas de agua para la producción hidroeléctrica. Para eliminar esta correlación, en lugar de incluir AE_t como segundo input de nuestro modelo de transferencia de FT_t , incluimos el término de ruido (AE'_t) de una función de transferencia en la que AE_t es el output y la acumulación de lluvias caídas es el input, con objeto de considerar únicamente la parte de AE_t que es independiente de la pluviosidad.

Es evidente además que, puesto que la totalidad de la demanda de energía eléctrica debe ser abastecida instantáneamente por las compañías eléctricas, esta demanda (E_t) es también una variable exógena importante en la función de demanda de fuel-oil térmico que es, en este sentido, una demanda derivada.

Los resultados de los sucesivos análisis los comparamos con el modelo univariante de FT_t (FTI) (22).

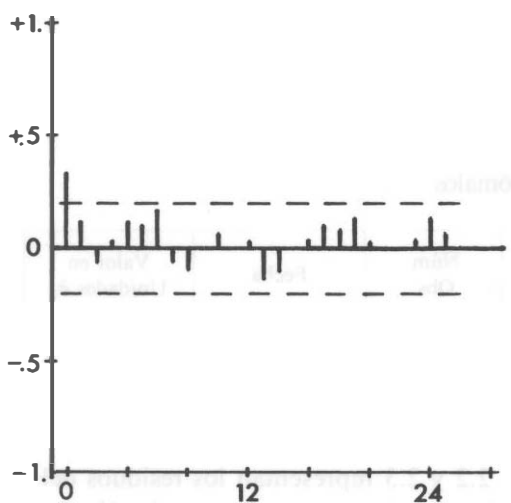
2.1. *Relación FT_t Versus $\ln E_t$*

Como primer paso para definir esta relación, realizamos los cálculos necesarios para identificar un modelo bivalente permitiendo relaciones bidireccionales entre el consumo de fuel-oil térmico y el consumo de energía eléctrica. Los resultados alcanzados indican que hay una fuerte relación contemporánea entre ambas series y quizás una relación

con retardo de un período en la dirección esperada (desde E_t hacia FT_t), pero descartan totalmente la existencia de realimentación.

Pasamos por tanto a identificar un modelo de transferencia del tipo:

$$FT_t = v(B) \ln E_t + N_t \quad (23)$$



fcc FT_t vs. $\ln E_t$

Gráfico 2.1

El Gráfico 2.1. representa la función de correlación cruzada (f_{cc} de aquí en adelante) entre ambas series, preblanqueada con el modelo E1 (24). El rasgo más destacado de dicha función es el valor positivo y significativo del coeficiente de orden cero, que es consistente con los resultados de la identificación bivalente mencionados anteriormente. El otro valor destacado en la función es el de orden 6, que ya era significativo y del mismo signo en la función de autocorrelación simple (f_{as} de aquí en adelante) de los residuos del modelo E1 (20), lo que nos hace pensar que se debe a alguna imperfección en el preblanqueo del input (25).

Identificamos, por tanto, una función de transferencia con un único parámetro de media móvil, ω_0 , que preestimamos con el valor del primer coeficiente de la función de respuesta a impulsos calculada por el programa de identificación (1355.1) (26).

Seguimos el procedimiento sugerido por Jenkins (1979, b) de tomar como primera aproximación del modelo del ruido, el modelo univariante del output (FT_t en este caso).

Llamamos FT_t versus $\ln F_{t,1}$ al modelo estimado.

Modelo FT_t versus $\ln E_t$.1:

$$FT_t = 1016.5 \ln E_t + N_t \quad (252)$$

$$\nabla \nabla_{12} N_t = (1 - .86 B^{12}) a_t \quad (.04)$$

$$\sigma_a^2 = 5.464 \times 10^3,$$

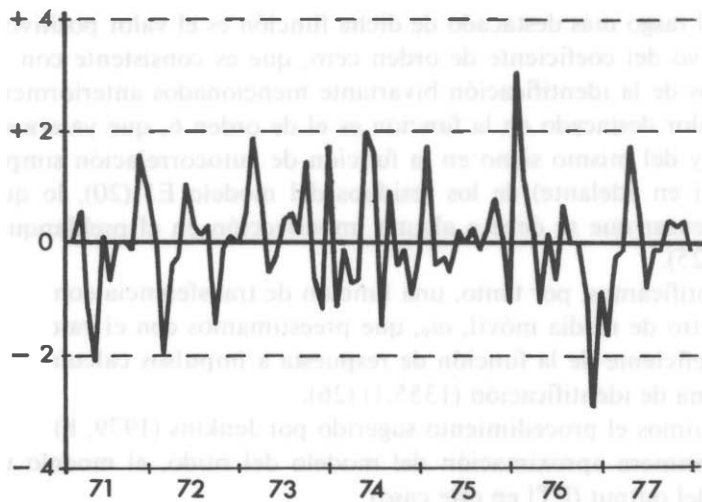
$$\sigma_a = 73.9, Q_{fas} (38) = 17.3$$

$$Q_{fcc} (38) = 32.4$$

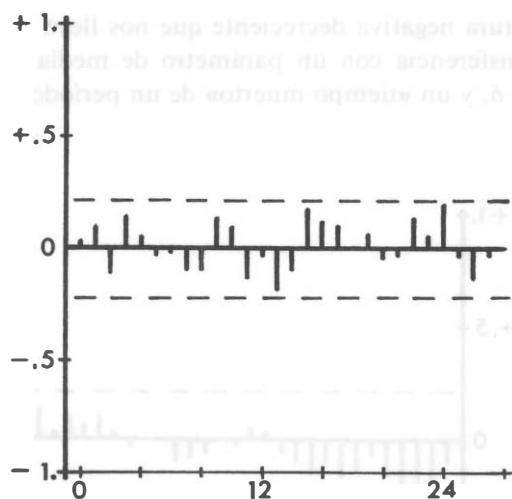
Residuos anómalos:

Núm. Obs.	Fecha	Valor en Unidades $\hat{\sigma}_a$
17	5/71	-2.2
73	1/76	3.1
83	11/76	-2.9

Los Gráficos 2.2 y 2.3 representan los residuos del ruido del modelo y la fcc entre éstos y el consumo de energía eléctrica preblanqueado, respectivamente (27). No hay en ninguno de ellos evidencia alguna de que la función de transferencia sea inadecuada.



Residuos - Gráfico 2.2



fcc residuos vs. $\ln E_t$

Gráfico 2.3

Gráficos Modelo FT_t versus $\ln E_t$. 1

Por otra parte, el valor estimado del parámetro ω_0 es altamente significativo, y la varianza residual del modelo univariante de FT_t se reduce en un 16 % por la inclusión del input Energía Eléctrica, lo que indica el alto poder explicativo del mismo respecto al consumo de fuel térmico.

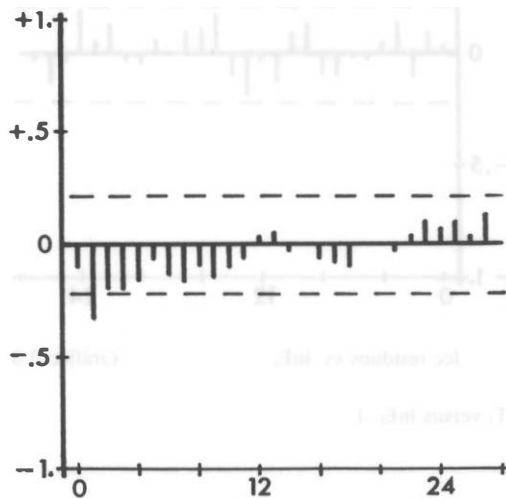
Siguen existiendo en este modelo tres residuos anómalos. Han desaparecido, sin embargo, dos de los que había en el modelo FT_t (11/71 y 5/74), lo que sugiere que el consumo de energía eléctrica es el responsable de los mismos. En los residuos de E_t hay, en efecto, un valor anormalmente bajo en noviembre de 1971 que es consistente con esta explicación (20).

A la vista de los contrastes diagnósticos, decidimos aceptar este modelo en esta primera fase del análisis.

2.2. Relación FT_t Versus PL_t^{33}

En el Gráfico 2.4 se presenta la función de correlación cruzada entre FT_t y PL_t^{33} , preblanqueadas ambas series con el modelo PLI. El coeficiente de orden cero no es significativo, pero a partir del retardo 1

hay una estructura negativa decreciente que nos lleva a identificar una función de transferencia con un parámetro de media móvil, ω_0 , otro autorregresivo, δ , y un «tiempo muerto» de un período ($b = 1$).



fcc FT_t vs. PL_t^{33}

Gráfico 2.4

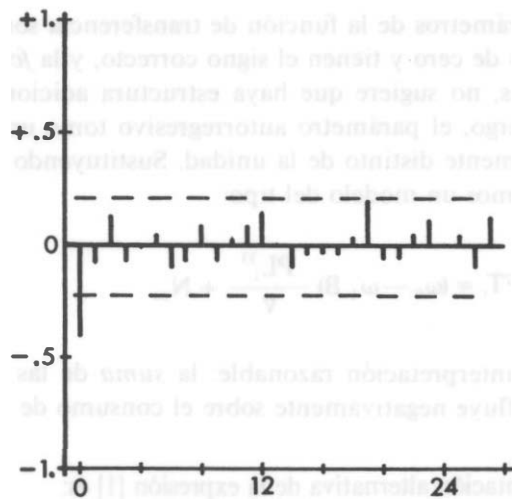
En este primer modelo estimado,

Modelo FT_t versus $PL_t^{33} \cdot 1$:

$$F_t = \frac{(12.2) \quad -43.1}{1 - .86 B} PL_{t-1}^{33} + N_t \quad (.16)$$

$$\forall \forall_{12} N_t = (1 - .86 B^{12}) a_t, \quad (.05)$$

obtuvimos parámetros significativos y del signo negativo esperado, indicando que una mayor cantidad de lluvia da lugar a un aumento en la producción de energía hidroeléctrica y, como consecuencia, a un menor consumo de fuel-oil térmico, dada una cierta producción total de energía eléctrica.



fcc residuos vs. PL_t^{33}

Gráfico 2.5

Gráfico Modelo FT_t versus PL_t^{33} . 1

La función de correlación cruzada residual, sin embargo (Gráfico 2.5), indica que la función de transferencia no es adecuada, puesto que hay un valor altamente significativo y negativo en el retardo de orden cero, reflejando una relación contemporánea que no era apreciable en la fase de identificación. Estimamos, por tanto, un segundo modelo con un nuevo parámetro, ω_1 , en la función de transferencia y en el que eliminamos el «tiempo muerto» en la respuesta del output a las variaciones del input.

El nuevo modelo estimado es:

Modelo FT_t versus PL_t^{33} . 2:

$$FT_t = \frac{\begin{matrix} (11.9) \\ 46.1 \end{matrix} + \begin{matrix} (11.8) \\ 35.7 B \end{matrix}}{\begin{matrix} 1 - .93 B \\ (.06) \end{matrix}} PL_t^{33} + N_t$$

$$\nabla_{12} N_t = (1 - .86 B^{12}) a_t$$

(.04)

Los tres parámetros de la función de transferencia son significativamente distintos de cero y tienen el signo correcto, y la \hat{f}_{cc} residual, que no presentamos, no sugiere que haya estructura adicional en la relación. Sin embargo, el parámetro autorregresivo toma un valor que no es significativamente distinto de la unidad. Sustituyendo este valor por la unidad, tenemos un modelo del tipo:

$$FT_t = (\omega_0 - \omega_1 B) \frac{PL_t^{.33}}{\nabla} + N_t, \quad [1]$$

que tiene una interpretación razonable: la *suma* de las lluvias caídas en el pasado influye negativamente sobre el consumo de fuel-oil térmico.

Una representación alternativa de la expresión [1] es:

$$\nabla FT_t = (\omega_0 - \omega_1 B) PL_t^{.33} + \nabla N_t,$$

que quiere decir que la variable sobre la que influye la lluvia caída en un período t y en el período anterior, es la *variación* en el consumo de fuel-oil térmico entre esos dos períodos.

Estimamos, por tanto, un tercer modelo con esta estructura, modelo que denominamos FT_t versus $PL_t^{.33} / \nabla$.3.

Modelo FT_t versus $PL_t^{.33} / \nabla$.3:

$$FT_t = \underset{(12.2)}{-(46.7 + 31.1 B)} \underset{(11.8)}{\frac{PL_t^{.33}}{\nabla}} + N_t$$

$$g = \underset{(15.1)}{-77.8}$$

$$\nabla \nabla_{12} N_t = \underset{(10.4)}{(1 - .86 B^{12})} a_t$$

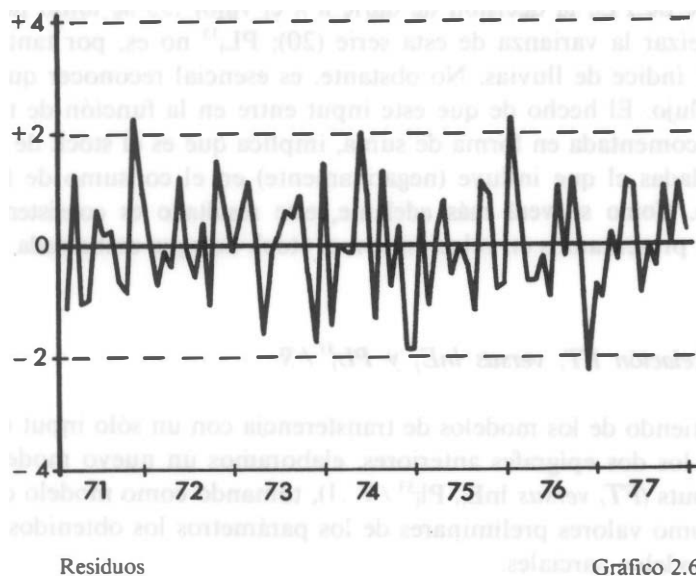
$$\sigma_a^2 = 4.91 \times 10^3,$$

$$\sigma_a = 70.1, \quad Q_{fas} \text{ (38)} = 17.5 \\ Q_{fcc} \text{ (37)} = 26.0$$

Residuos anómalos:

Núm. Obs.	Fecha	Valor en Unidades $\hat{\sigma}_a$
23	11/71	2.2
73	1/76	3.1
83	11/76	-2.2

No se advierte ningún síntoma de mala especificación. Consigue una reducción en la varianza de FT1 del 25%, mayor que la conseguida por la inclusión de E_t como input. Presentamos también un gráfico de los residuos (Gráfico 2.6) y otro de la f_{cc} residual (Gráfico 2.7). Los residuos tienen apariencia de ser ruido blanco y ninguno de los contrastes diagnósticos aplicados sugiere lo contrario. La f_{cc} , por otra parte, no tiene ninguna estructura apreciable (28).



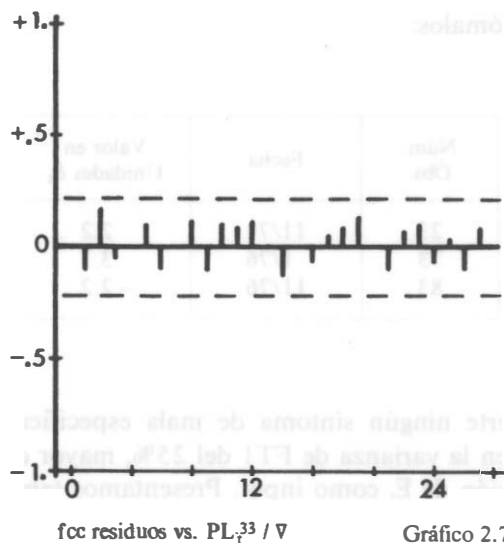


Gráfico 2.7

Gráficos Modelo FT_t versus $PL_t^{.33} / \nabla$.3

La interpretación de esta función de transferencia es simple. Por un lado, sabemos que la serie temporal PL_t es un agregado de series que en sí mismas no tienen una unidad de medida natural, utilizando el término «natural» en el sentido de «interpretable». En el análisis univariante de PL_t , la decisión de darle a λ el valor .33 se tomó para homogeneizar la varianza de esta serie (20); $PL_t^{.33}$ no es, por tanto, más que un índice de lluvias. No obstante, es esencial reconocer que $PL_t^{.33}$ es un flujo. El hecho de que este input entre en la función de transferencia comentada en forma de suma, implica que es el stock de lluvias acumuladas el que influye (negativamente) en el consumo de fuel-oil térmico. Como se verá más adelante, este resultado es consistente con los que presentamos en relación con el stock de agua embalsada.

2.3. Relación FT_t versus $\ln E_t$ y $PL_t^{.33} / \nabla$

Partiendo de los modelos de transferencia con un sólo input obtenidos en los dos epígrafes anteriores, elaboramos un nuevo modelo con dos inputs (FT_t versus $\ln E_t$, $PL_t^{.33} / \nabla$.1), tomando como modelo del ruido y como valores preliminares de los parámetros los obtenidos en dichos modelos parciales.

Modelo FT_t versus $\ln E_t$, $PL_t^{.33} / \nabla .1$:

$$F_t = 936.6 \ln E_t - (41.8 + 32.6 B) \frac{PL_t^{.33}}{\nabla} + N_t$$

(216.3) (11.0) (10.7)

$$g = -74.5$$

(13.6)

$$\nabla \nabla_{12} N_t = (1 - .88 B^{12}) a_t$$

(.04)

$$\sigma_a^2 = 4.01 \times 10^3, \quad \sigma_a = 63.6, \quad Q_{fas} (38) = 13.7$$

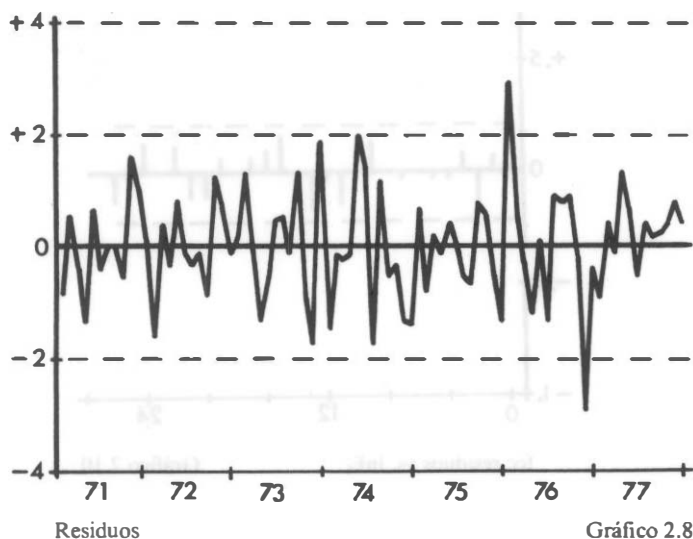
$$Q_{fccE_t} (38) = 27.1$$

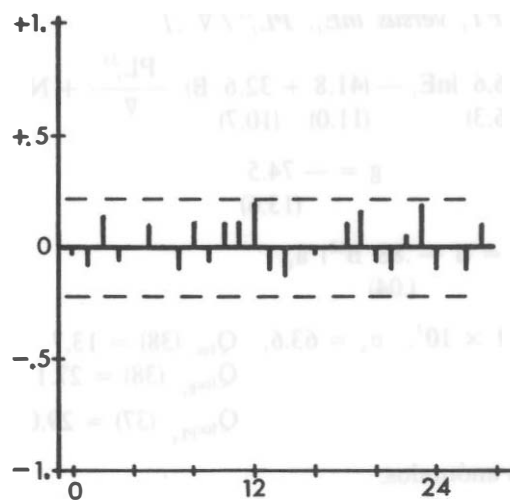
$$Q_{fccPL_t} (37) = 29.0$$

Residuos anómalos:

Núm. Obs.	Fecha	Valor en Unidades $\hat{\sigma}_a$
73	1/76	2.9
83	11/76	-2.9

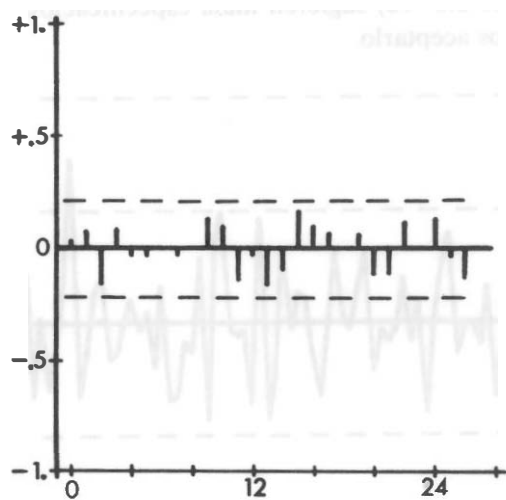
Ni los contrastes diagnósticos ni los gráficos relevantes de este modelo (Gráficos 2.8–10) sugieren mala especificación del mismo, por lo que decidimos aceptarlo.





fcc residuos vs. PL_t^{33} / ∇

Gráfico 2.9



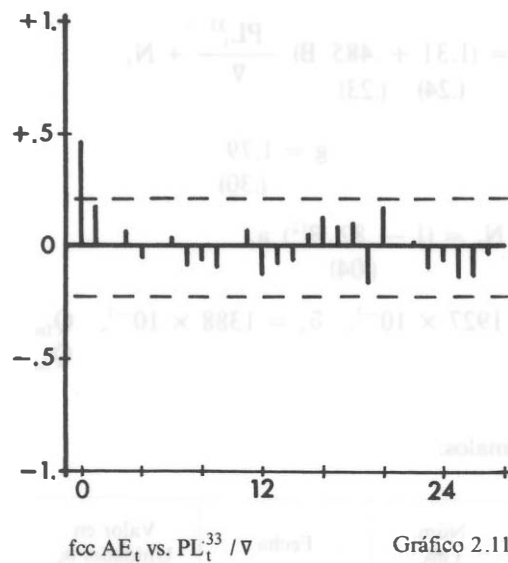
fcc residuos vs. $\ln E_t$

Gráfico 2.10

Gráficos Modelo FT_t versus $\ln E_t$, PL_t^{33} / ∇ .1

2.4. Relación AE_t versus $PL_t^{.33} / \nabla$

Es razonable *a priori* esperar que el flujo de lluvias influya positivamente sobre la variación del stock de agua embalsada, es decir, que sea la acumulación de las lluvias caídas en el pasado la que influye sobre el nivel del stock de agua. De acuerdo con esta hipótesis, presentamos en el Gráfico 2.11 la función de correlación cruzada entre AE_t y la suma de lluvias caídas hasta el período t (PL_t / ∇), preblanqueada con el modelo univariante del input. Observamos en él que el primer coeficiente es positivo y altamente significativo y que el segundo tiene también un valor positivo destacado, por lo que identificamos el Modelo 1 con dos parámetros, ω_0 y ω_1 , en la función de transferencia y con un modelo inicial para el término de ruido de estructura similar al AE2.



Al estimar el Modelo 1 obtuvimos dos parámetros significativos en la función de transferencia, pero el término autorregresivo del modelo del ruido, cuyo valor estimado en el modelo AE2 era .28 ($\hat{\sigma} = .24$) se redujo hasta .08 con una desviación típica de .11. Esto nos llevó a estimar un segundo modelo, en el que mantenemos la misma función de transferencia, pero eliminamos dicho término autorregresivo.

Modelo AE_t versus $PL_t^{.33} / \nabla$.2:

$$AE_t = (1.29 + .475 B) \frac{PL_t^{.33}}{\nabla} + N_t$$

(.240) (.233)

$$\nabla^2 \nabla_{12} N_t = (1 - .95 B) (1 - .68 B^{12}) a_t.$$

(.04) (.07)

El valor estimado del término de media móvil no-estacional del modelo del ruido, no significativamente distinto de la unidad, nos condujo a una nueva reformulación de éste, cancelando dicho término con una de las dos diferencias regulares del primer miembro. Estimamos así el Modelo 3.

Modelo AE_t versus $PL_t^{.33} / \nabla$.3:

$$AE_t = (1.31 + .485 B) \frac{PL_t^{.33}}{\nabla} + N_t$$

(.24) (.23)

$$g = 1.79$$

(.30)

$$\nabla \nabla_{12} N_t = (1 - .82 B^{12}) a_t$$

(.04)

$$\hat{\sigma}_a^2 = 1927 \times 10^{-3}, \quad \hat{\sigma}_s = 1388 \times 10^{-3}, \quad Q_{fas} \text{ (38)} = 17.1$$

$Q_{fcc} \text{ (37)} = 25.0$

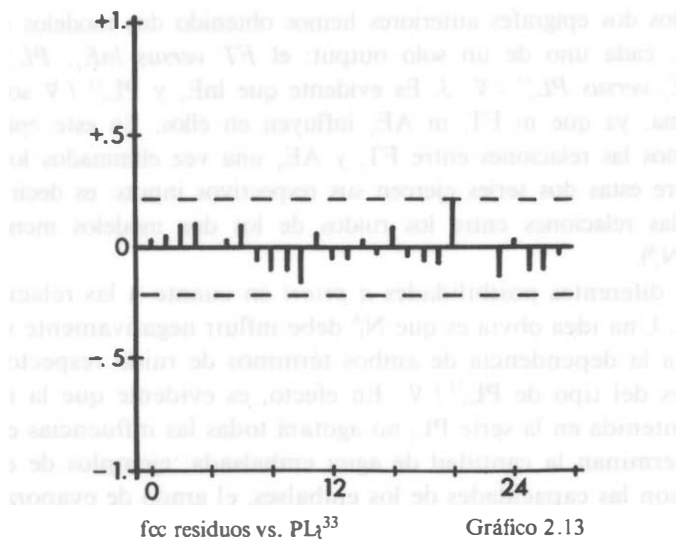
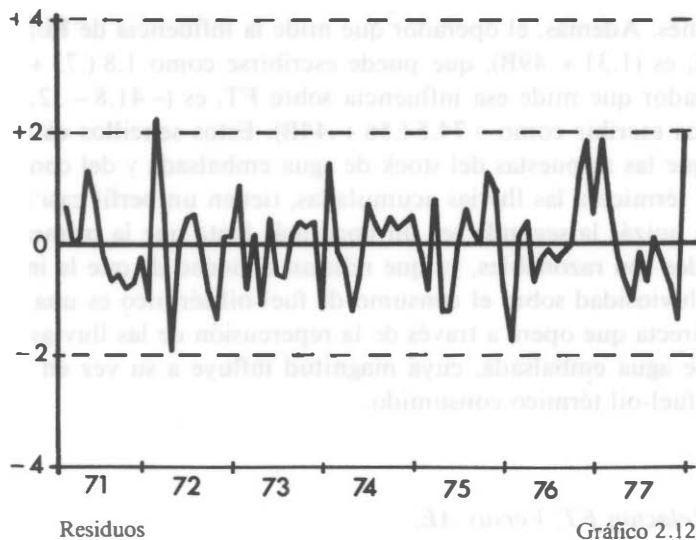
Residuos anómalos:

Núm. Obs.	Fecha	Valor en Unidades $\hat{\sigma}_a$
26	2/72	2.3

Los dos parámetros de la función de transferencia son significativos y del signo positivo esperado, y la reducción de la varianza respecto a la de AE2 es del 35%. Esta reducción y el hecho de que hayan desaparecido prácticamente todos los residuos anómalos del modelo AE2

(únicamente queda uno en febrero de 1972, pero con un valor muy inferior al que tenía en el modelo univariante), indican el alto grado de dependencia del agua contenida en los embalses respecto a las lluvias.

Incluimos también los gráficos de los residuos y de la f_{cc} residual de este modelo (Gráficos 2.12 y 13). Este último indica que toda la relación existente entre las dos series está captada por el modelo.



Gráficos Modelo AE_t versus $PL_t^{33} / \nabla .3$

Los gráficos de las *fas* y *fap* (función de autocorrelación parcial de aquí en adelante) residuales, que no presentamos, no revelan estructura adicional en el ruido (29) y los estadísticos Q toman valores aceptables. Aceptamos, por tanto, este modelo.

Es interesante observar la semejanza entre las estructuras de influencia de PL_t^{33} / ∇ sobre FT_t y sobre AE_t . En ambos casos tenemos la misma forma de relación: un efecto contemporáneo y otro con retardo de un mes. Además, el operador que mide la influencia de PL_t^{33} / ∇ sobre AE_t es $(1.31 + .49B)$, que puede escribirse como $1.8 (.73 + .27B)$, y el operador que mide esa influencia sobre FT_t es $(-41.8 - 32.6B)$, que podemos escribir como $-74.5 (.56 + .44B)$. Estos sencillos cálculos indican que las respuestas del stock de agua embalsada y del consumo de fuel-oil térmico a las lluvias acumuladas, tienen un perfil casi idéntico, aunque quizás la segunda sea un poco más lenta que la primera. Estos resultados son razonables, ya que reflejan el hecho de que la influencia de la pluviosidad sobre el consumo de fuel-oil térmico es una influencia indirecta que opera a través de la repercusión de las lluvias sobre el stock de agua embalsada, cuya magnitud influye a su vez en la cantidad de fuel-oil térmico consumido.

2.5. Relación FT_t Versus AE_t

En los dos epígrafes anteriores hemos obtenido dos modelos de transferencia, cada uno de un solo output: el FT versus $\ln E_t$, PL_t^{33} / ∇ .1 y el AE_t versus PL_t^{33} / ∇ .3. Es evidente que $\ln E_t$ y PL_t^{33} / ∇ son inputs al sistema, ya que ni FT_t ni AE_t influyen en ellos. En este epígrafe investigamos las relaciones entre FT_t y AE_t una vez eliminados los efectos que sobre estas dos series ejercen sus respectivos inputs; es decir, investigamos las relaciones entre los ruidos de los dos modelos mencionados (N_t^F y N_t^A).

Hay diferentes posibilidades *a priori* en cuanto a las relaciones esperadas. Una idea obvia es que N_t^A debe influir negativamente sobre N_t^F debido a la dependencia de ambos términos de ruido respecto a otras variables del tipo de PL_t^{33} / ∇ . En efecto, es evidente que la información contenida en la serie PL_t no agotará todas las influencias exógenas que determinan la cantidad de agua embalsada; ejemplos de estas variables son las capacidades de los embalses, el grado de evaporación, la situación de los mismos y la distribución geográfica de las lluvias. Estas variables, no incluidas explícitamente en nuestros modelos, están

contenidas de forma implícita en N_t^A , y su influencia sobre FT_t la recoge, también implícitamente, N_t^F . Este tipo de razonamiento sugiere que debe haber una relación desde N_t^A hacia N_t^F .

Es también posible, *a priori*, imaginar que N_t^F influye sobre N_t^A . En efecto, por el mero hecho de que un mayor consumo de fuel-oil, (lo que supone más electricidad producida en las centrales térmicas y, dada la producción eléctrica total, menor producción hidráulica) implica un menor consumo de agua, podemos esperar un efecto positivo de N_t^F sobre N_t^A . De hecho, el fenómeno del bombeo de agua implica en sí un efecto positivo contemporáneo (intramensual).

Para investigar estas cuestiones, estimamos un modelo de transferencia de outputs múltiples, donde FT_t y AE_t son los outputs y $\ln E_t$ y PL_t^{33} / ∇ los inputs, y en el que reestimamos los parámetros de las funciones de transferencia, utilizando para éstas las mismas estructuras que tienen en los dos modelos mencionados al principio de este epígrafe. Las estructuras de los dos términos de ruido también son las mismas que las de dichos modelos, pero reestimamos sus parámetros y permitimos (y estimamos) una correlación contemporánea entre a_t^F y a_t^A .

El Gráfico 2.14. presenta la función de correlación cruzada en ambas direcciones que resulta de este cálculo. Se puede apreciar en él que hay una relación de influencia negativa de N_t^A sobre N_t^F , claramente detectable en los retardos cero y uno, y quizás en el de orden dos. Esto implica que AE_t influye sobre FT_t una vez eliminadas de ambas series las influencias de PL_t^{33} / ∇ , o lo que es lo mismo, que N_t^A influye sobre FT_t .

Por el contrario, no se encuentra en los retardos negativos ningún signo de influencia de N_t^F sobre N_t^A . Es posible, por supuesto, que la correlación contemporánea negativa enmascare un problema de simultaneidad (combinación de fuertes efectos negativos de N_t^A sobre N_t^F con efectos positivos débiles de N_t^F sobre N_t^A). A pesar de esta posibilidad, lo que es evidente es que no hay ningún efecto retardado de N_t^F sobre N_t^A .

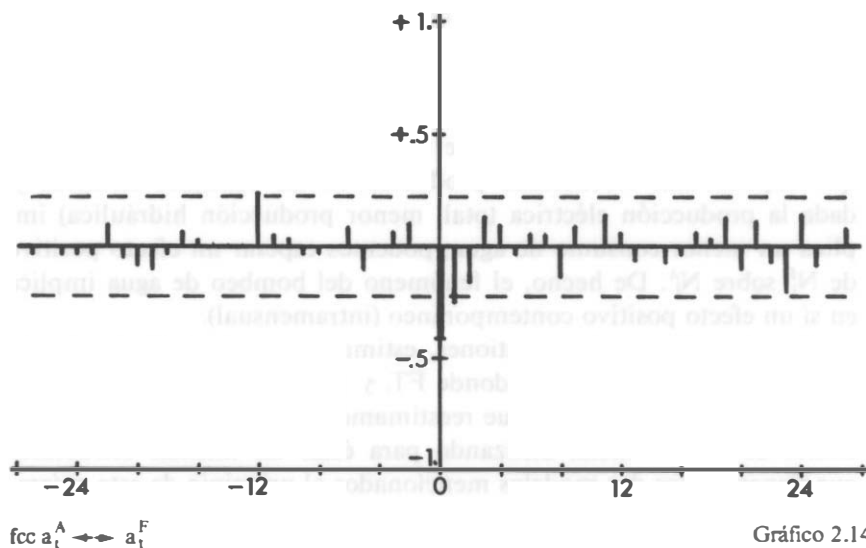


Gráfico 2.14

A la vista de estos resultados adoptamos el supuesto de que el agua embalsada, una vez eliminado el efecto que sobre esta serie ejerce la pluviosidad, es en la práctica una variable exógena al consumo de fuel-oil térmico (30). De acuerdo con este supuesto, pasamos a estimar un modelo de transferencia en el que FT_t es el output y en el que añadimos N_t^A (que designaremos con el símbolo AE_t') como tercer input. El primer modelo estimado incluye un único parámetro, ω_0 , en la nueva función de transferencia para captar la relación contemporánea.

2.6. Relación FT_t versus $\ln E_t$, PL_t^{33} / ∇ y AE_t'

El primer modelo estimado, con FT_t como output y $\ln E_t$, PL_t^{33} / Δ y AE_t' como inputs es:

Modelo FT_t versus $\ln E_t$, PL_t^{33} / ∇ , AE_t' .1:

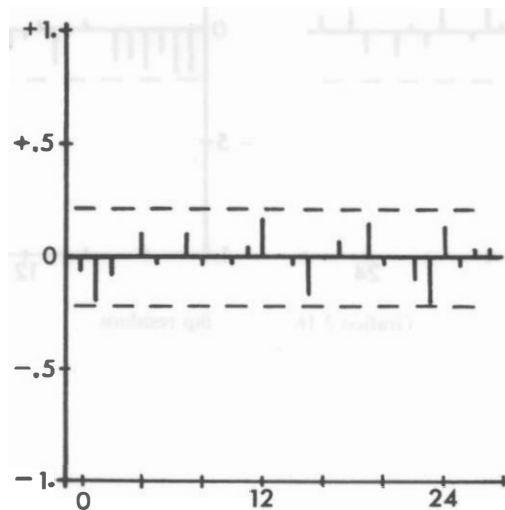
$$FT_t = 975.8 \ln E_t - (40.9 + 32.4 B) \frac{PL_t^{33}}{\nabla} - 17.2 AE_t' + N$$

(199.9) (10.2) (9.86) (4.59)

$$\nabla \nabla_{12} N_t = (1 - .89 B^{12}) a_t$$

(.04)

El nuevo parámetro estimado es significativo y en la función de correlación cruzada entre los residuos y AE'_t (Gráfico 2.15) se observa que hay síntomas de estructura adicional en la relación con este input.



fcc residuos vs. AE'_t

Gráfico 2.15

Gráfico Modelo FT_t versus $\ln E_t$, $PL_t^{.33} / \nabla$, AE'_t .1

Estimamos, por tanto, un segundo modelo incluyendo un nuevo parámetro, ω_1 , en su función de transferencia.

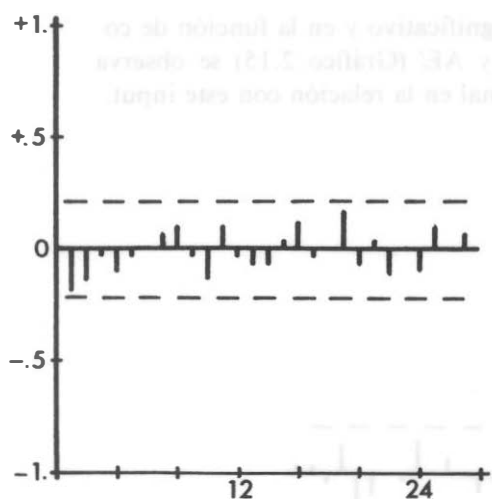
Modelo FT_t versus $\ln E_t$, $PL_t^{.33} / \nabla$, AE'_t .2:

$$FT_t = \underset{(196)}{935.8} \ln E_t - \underset{(10.1)}{(37.5 + 36.8 B)} \frac{PL_t^{.33}}{\nabla} - \underset{(4.6)}{(15.0 + 7.4 B)} AE'_t + N_t$$

(9.90) (3.2)

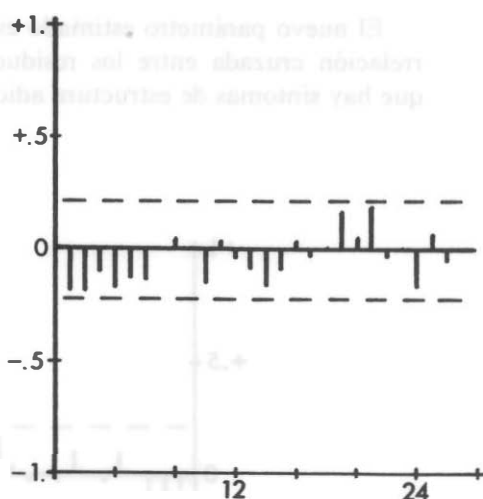
$$\nabla \nabla_{12} N_t = (1 - .88 B^{12}) a_t$$

(.04)



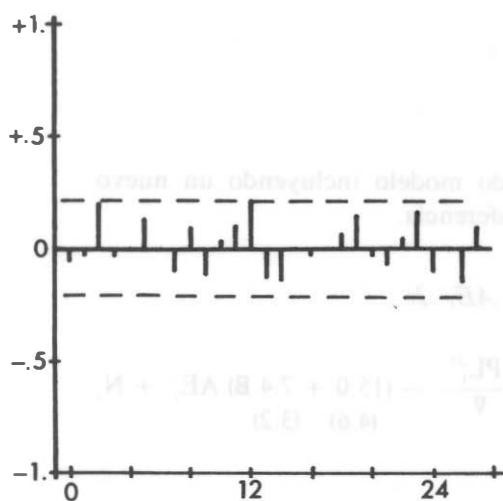
fas residuos

Gráfico 2.16



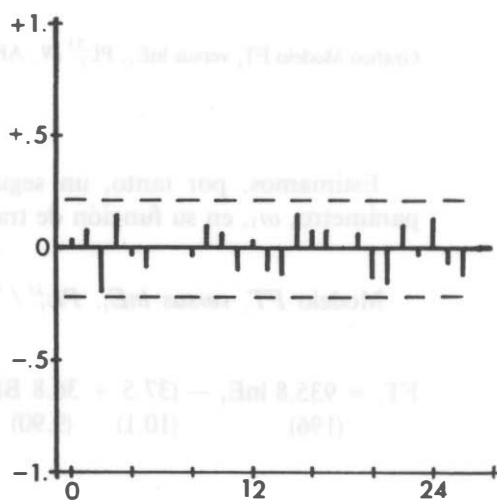
fap residuos

Gráfico 2.17



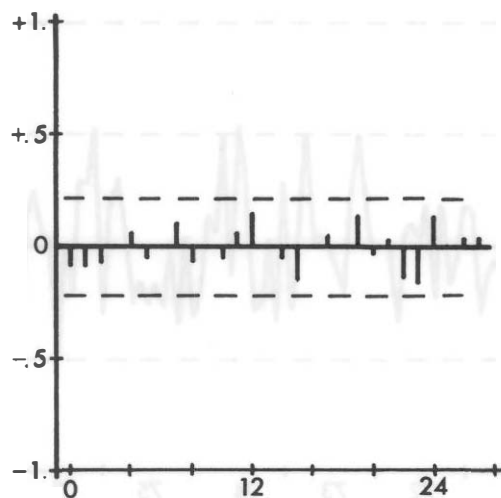
fcc residuos vs. PI_t^{33} / ∇

Gráfico 2.18



fcc residuos vs. $\ln E_t$

Gráfico 2.19



fcc residuos vs. AE_t'

Gráfico 2.20

Gráficos Modelo FT_t versus $\ln E_t$, PL_t^{33} / ∇ , $AE_t' .2$

Los Gráficos 2.16-20 representan las *fas*, *fap* y *fcc* residuales de este modelo. De los dos primeros se desprende la necesidad de reformular el modelo del ruido. No hay evidencia, por el contrario, de que las funciones de transferencia no sean adecuadas. Estimamos, por tanto, un tercer modelo manteniendo las mismas estructuras de transferencia, pero incluyendo dos términos de media móvil en la parte regular del modelo del ruido.

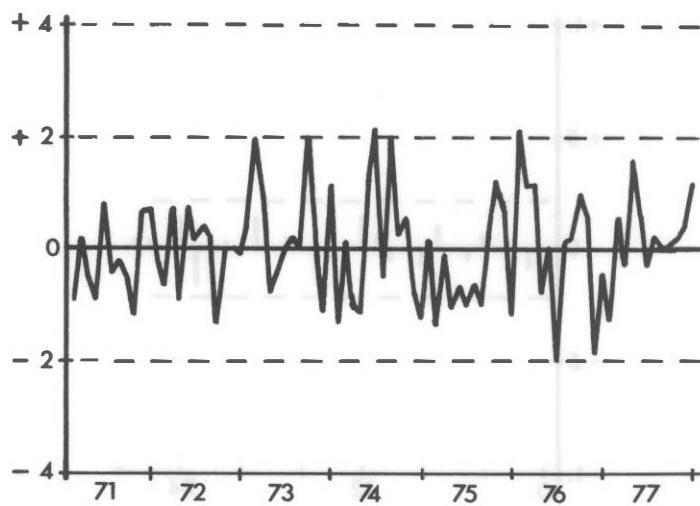
Modelo FT_t versus $\ln E_t$, PL_t^{33} / ∇ , $AE_t' .3$:

$$FT_t = 1028.2 \ln E_t - (34.3 + 28.2 B) \frac{PL_t^{33}}{\nabla} - (18.5 + 7.71 B) AE_t' + N_t$$

(212) (9.21) (9.22) (4.3) (3.2)

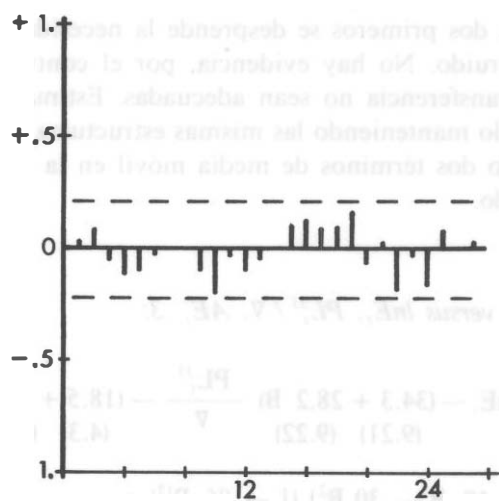
$$\nabla \nabla_{12} N_t = (1 - .37 B - .30 B^2) (1 - .85 B^{12}) a_t$$

(.10) (.10) (.04)



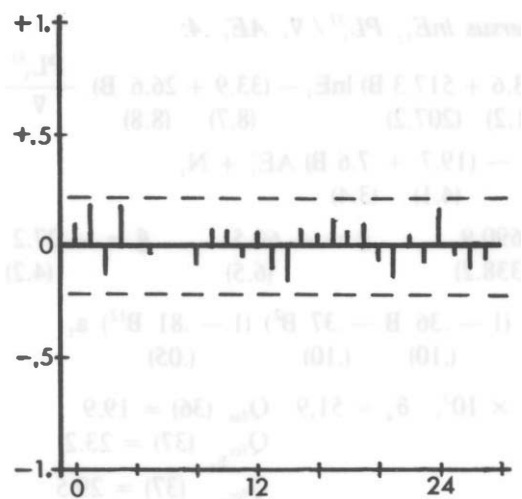
Residuos

Gráfico 2.21



fas residuos

Gráfico 2.22



fcc residuos vs. $\ln E_t$

Gráfico 2.23

Gráficos Modelo FT_t versus $\ln E_t$, PL_t^{33} / ∇ , $AE_t' .3$

Los Gráficos 2.21, 22 y 23 representan los residuos, la *fas* residual y la *fcc* entre los residuos y $\ln E_t'$ respectivamente. Los valores estimados de los nuevos parámetros y sus desviaciones típicas, así como la *fas* residual, confirman que la nueva modelización del ruido es adecuada. Las correlaciones cruzadas entre los residuos y los inputs PL_t^{33} / ∇ y AE_t' , que no presentamos, no sugieren tampoco la necesidad de reformular sus funciones de transferencia. Sin embargo, en el Gráfico 2.23 aparece un valor casi significativo y positivo en el retardo uno, que nos conduce a un cuarto modelo, en el que incluimos un segundo parámetro, ω_1 , en la función de transferencia de E_t .

Estimamos así el Modelo 4, al que corresponden los Gráficos 2.24-28. Ni los contrastes diagnósticos ni las funciones de correlación residual de este modelo indican la necesidad de nuevas reformulaciones. Este será, por tanto, el modelo de partida para analizar los efectos de las variaciones de precios sobre el consumo de fuel-oil térmico. Por ello hemos señalado, en el Gráfico 2.24, las fechas en que se producen dichas variaciones, con un trazo discontinuo.

Modelo FT_t versus $\ln E_t$, $PL_t^{.33} / \nabla$, AE'_t .4:

$$F_t = (1173.6 + 517.3 B) \ln E_t - (33.9 + 26.6 B) \frac{PL_t^{.33}}{\nabla} - (19.7 + 7.6 B) AE'_t + N_t$$

(211.2) (207.2) (8.7) (8.8) (4.1) (3.4)

$$\hat{g} = 1690.9 \quad \hat{g} = -60.5 \quad \hat{g} = -27.2$$

(338.2) (6.5) (4.2)

$$\nabla \nabla_{12} N_t = (1 - .36 B - .37 B^2) (1 - .81 B^{12}) a_t$$

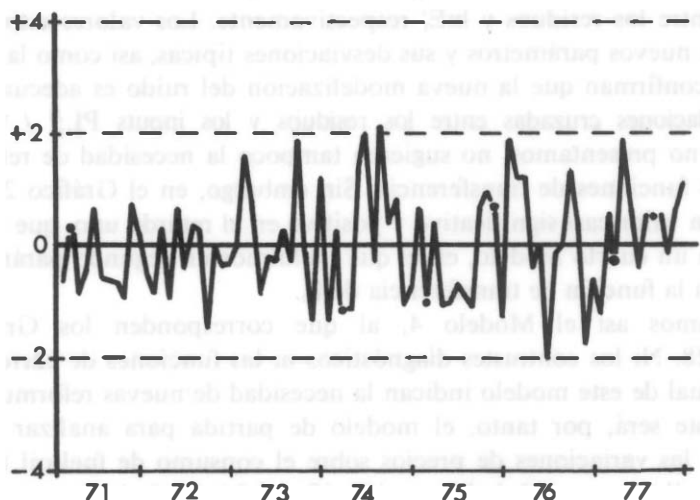
(.10) (.10) (.05)

$$\hat{\sigma}_a^2 = 2.965 \times 10^3, \quad \hat{\sigma}_a = 51.9$$

$Q_{fas} (36) = 19.9$
 $Q_{fcc_{E_t}} (37) = 23.2$
 $Q_{fcc_{PL_t}} (37) = 29.5$
 $Q_{fcc_{AE'_t}} (37) = 18.1$

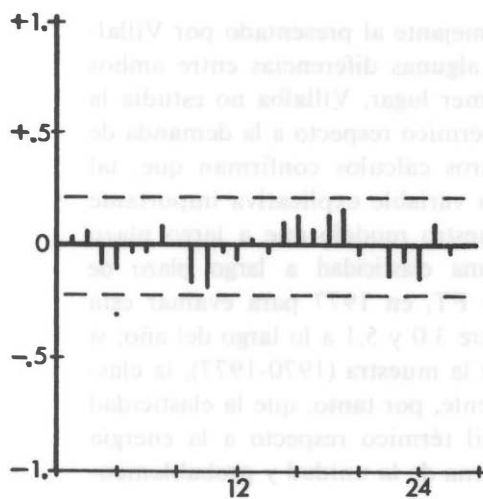
Residuos anómalos:

Núm. Obs.	Fecha	Valor en Unidades $\hat{\sigma}_a$
54	6/74	2.0
56	8/74	2.2
78	6/76	-2.0



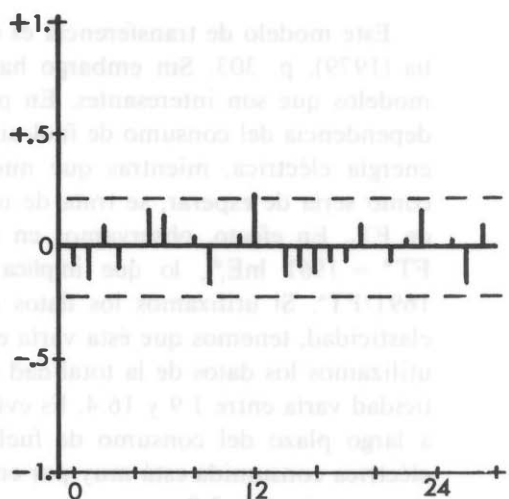
Residuos

Gráfico 2.24



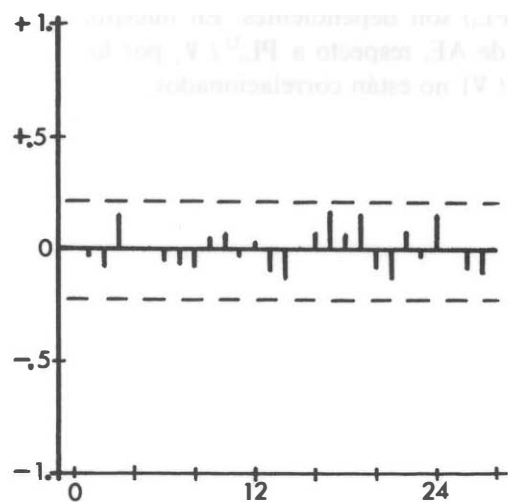
fas residuos

Gráfico 2.25



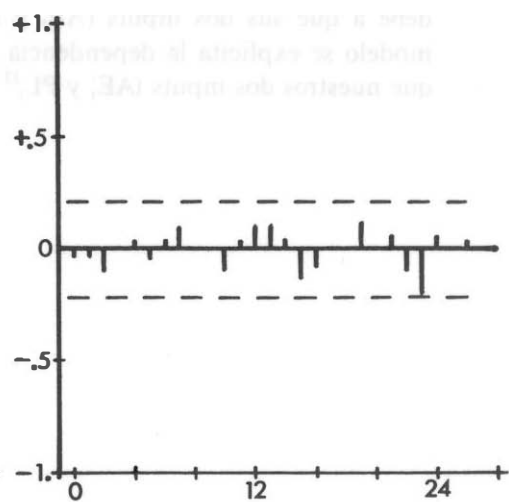
fcc residuos vs. PL_t^{33} / ∇

Gráfico 2.26



fcc residuos vs. $\ln E_t$

Gráfico 2.27



fcc residuos vs. AE_t'

Gráfico 2.28

Gráficos Modelo FT_t versus $\ln E_t$, PL_t^{33} / ∇ , AE_t' .4

Este modelo de transferencia es semejante al presentado por Villalba (1979), p. 303. Sin embargo hay algunas diferencias entre ambos modelos que son interesantes. En primer lugar, Villalba no estudia la dependencia del consumo de fuel-oil térmico respecto a la demanda de energía eléctrica, mientras que nuestros cálculos confirman que, tal como sería de esperar, se trata de una variable explicativa importante de FT_t . En efecto, observamos en nuestro modelo que a largo plazo $FT^* = 1961 \ln E_t^*$, lo que implica una elasticidad a largo plazo de $1691/FT^*$. Si utilizamos los datos de FT_t en 1977 para evaluar esta elasticidad, tenemos que ésta varía entre 3.0 y 5.1 a lo largo del año; si utilizamos los datos de la totalidad de la muestra (1970-1977), la elasticidad varía entre 1.9 y 16.4. Es evidente, por tanto, que la elasticidad a largo plazo del consumo de fuel-oil térmico respecto a la energía eléctrica consumida está muy por encima de la unidad y probablemente por encima de 3.0.

Por otra parte, Villalba no estudia la influencia de las lluvias sobre el agua embalsada, lo que da lugar en su modelo de transferencia a que dos de los tres coeficientes de pluviosidad sean no-significativos; el único parámetro significativo de PL_t en su modelo es positivo, lo que aparentemente carece de interpretación. Por otra parte, los coeficientes de ocupación de embalses (serie esencialmente equivalente a la AE_t) en su modelo son mucho mayores que los de AE'_t en el nuestro. Esto se debe a que sus dos inputs (AE_t y PL_t) son dependientes. En nuestro modelo se explicita la dependencia de AE_t respecto a PL_t^{33} / ∇ , por lo que nuestros dos inputs (AE'_t y PL_t^{33} / ∇) no están correlacionados.

NOTAS

(21) En 1975, de 13045 Mw de potencia térmica instalada, 7702 correspondían a este tipo de centrales, 1123 a centrales nucleares, y el resto a centrales que utilizaban carbón o gas. Véase Mestre (1977), p. 172.

(22) Los análisis de transferencia de la serie FT_t están hechos con un paquete de programas que utiliza retrovisión.

(23) En todos los modelos de transferencia de este trabajo aplicamos a las variables que intervienen en ellos las transformaciones decididas en los respectivos análisis univariantes ($\lambda = 1$ para FT_t , T_t y AE_t , $\lambda = 0$ para FR_t , E_t e IPI_t y $\lambda = .33$ para PL_t).

(24) Los límites de control incluidos en este tipo de gráficos representan el doble de la desviación típica de las correlaciones cruzadas, calculada esta desviación típica bajo el supuesto de que las series no están relacionadas. Véase Box y Jenkins (1970), p. 376.

(25) Si el modelo de transferencia es, por ejemplo, de la forma $Y_t = \omega_0 x_t + n_t$, donde x_t y n_t son variables estacionarias e independientes, tenemos $c_k = \omega_0 \gamma_k$, siendo c_k la covarianza cruzada de orden k entre y_t y x_t , y γ_k la autocovarianza de orden k del input. Si x_t es ruido blanco (es decir, $\gamma_k = 0$ excepto para $k = 0$, siendo γ_0 la varianza de x_t), entonces $c_k = 0$ excepto para $k = 0$, siendo $c_0 = \omega_0 \gamma_0$, lo que permite identificar la presencia de ω_0 . Si, como consecuencia de un preblanqueo imperfecto, x_t no es ruido perfectamente blanco, la autocovarianza de x_t distinta de cero provoca que la covarianza (y, por tanto, la correlación) cruzada del mismo orden entre y_t y x_t sea también distinta de cero. Por ejemplo, si $\gamma_6 \neq 0$, como ocurre en nuestro caso, esto provocará que $c_6 = \omega_0 \gamma_6 \neq 0$.

(26) La función de correlación cruzada preblanqueada es directamente proporcional a la función de respuesta a impulsos, $v(B)$. Por tanto, los estimadores preliminares de v_k calculados en el programa de identificación de modelos de transferencia con un solo output, aunque son estadísticamente ineficientes, constituyen un buen punto de partida para la estimación eficiente de los operadores $\omega(B)$ y $\delta(B)$ de la representación escueta de la función de transferencia. Véase Box y Jenkins (1970), p. 380.

(27) La existencia de coeficientes de correlación cruzada significativamente distintos de cero indicarían mala especificación de la función de transferencia. Véase Box y Jenkins (1970), p. 394.

28 Villalba (1979) p. 292, obtiene un modelo de transferencia para estas dos series que difiere del nuestro en dos sentidos.

En primer lugar, utiliza $\lambda = .75$ en la transformación instantánea de PL_t , mientras que nosotros utilizamos un valor estimado de .33.

En segundo lugar, la función de transferencia de Villalba contiene tres parámetros de media móvil que representan efectos negativos con retardos de orden cero y uno, y un efecto positivo con retardo de dos períodos (que no tiene, en principio, una interpretación plausible). Por otra parte, una vez homogeneizadas las unidades de medida del output en ambos modelos, la desviación típica del modelo obtenido por Villalba es 76.9, mientras que la de nuestro modelo es 70.1. Este aumento de precisión se consigue utilizando tres parámetros frente a los seis que utiliza Villalba.

(29) La función de autocorrelación residual, cuando tiene valores distintos de cero, revela mala especificación del modelo global. Si la función de correlación cruzada no indica que la función de transferencia es inadecuada, como ocurre en este caso, la mala especificación se producirá, probablemente, en el modelo del ruido. Véase Box y Jenkins (1970), p. 393.

Lo que se pretende comprobar con la inspección de las *fas* residual es que los residuos del modelo son ruido blanco. En este sentido conviene recordar que el estadístico Durbin-Watson (véase Durbin y Watson, 1950, 1951), ampliamente usado para este tipo de contrastes en los modelos econométricos convencionales, depende simplemente del coeficiente de autocorrelación de *primer* orden de los residuos. El hecho de que dicho estadístico sea aceptable no es, por tanto, una garantía de que el modelo lo sea, puesto que la *fas* residual puede tener otros coeficientes distintos de cero.

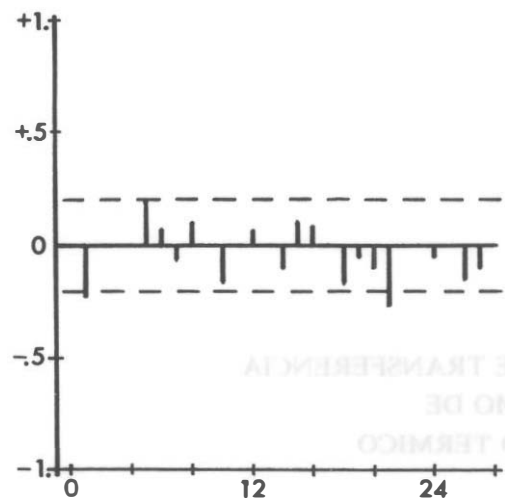
(30) Villalba (1979) parte del supuesto de que la relación es unidireccional en el sentido $AE_t \rightarrow FT_t$. La variable que él utiliza como input no es exactamente la nuestra sino el porcentaje de ocupación de los embalses, pero este porcentaje es aproximadamente proporcional al total de agua embalsada cuando las variaciones de capacidad son pequeñas, como ocurre en nuestro período muestral.

3. MODELOS DE TRANSFERENCIA DEL CONSUMO DE FUEL-OIL NO TERMICO

Los inputs del modelo desarrollado en esta sección son la serie de temperatura y el Índice de Producción Industrial. La inclusión del primero está justificada, en parte, por la utilización del fuel en sistemas de calefacción, aunque a partir de octubre de 1975 se empieza a sustituir por gasóleo C en las calefacciones domésticas, prohibiéndose totalmente en enero de 1977. En cuanto al Índice de Producción Industrial, la razón de su inclusión es que el fuel-oil es un input en múltiples procesos productivos industriales. De éstos, el sector de fabricación de cemento es, después de las centrales térmicas, el que mayor cantidad de fuel consume en España (su consumo fue el 22 % del consumo total de la industria en 1977) (31).

3.1. *Relación $\ln FR_t$ Versus T_t*

Después de preblanquear las dos series con el modelo T2 del input, obtenemos la función de correlación cruzada que presentamos en el Gráfico 3.1. Hay en ella un único coeficiente significativo en el retardo 1 con el signo negativo adecuado, por lo que identificamos una función de transferencia con un único parámetro de media móvil y un «tiempo muerto» de un período en la respuesta. El modelo inicial del ruido es el modelo FR1:



fcc $\ln FR_t$ vs. T_t

Gráfico 3.1

Modelo $\ln FR_t$ versus T_t .I:

$$\ln FR_t = -.014 T_{t-1} + N_t$$

(.006)

$$\nabla^2_{12} N_t = (1 - .66 B) (1 - .80 B^{12}) a_t$$

(.09) (.10)

$$\hat{\sigma}_a^2 = 8.25 \times 10^{-3}, \quad \hat{\sigma}_a \times 100 = 9.1, \quad Q_{fas} (37) = 26.8$$

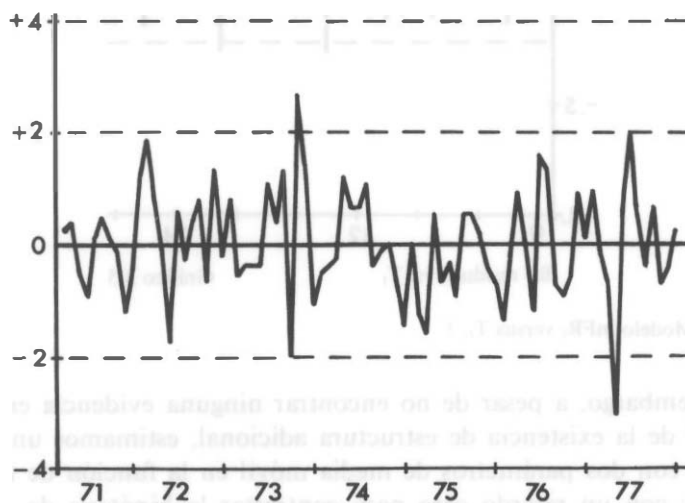
$$Q_{fcc} (38) = 34.8$$

Residuos anómalos:

Núm. Obs.	Fecha	Valor en Unidades $\hat{\sigma}_a$
45	9/73	- 2.2
46	10/73	2.2
88	4/77	- 3.3

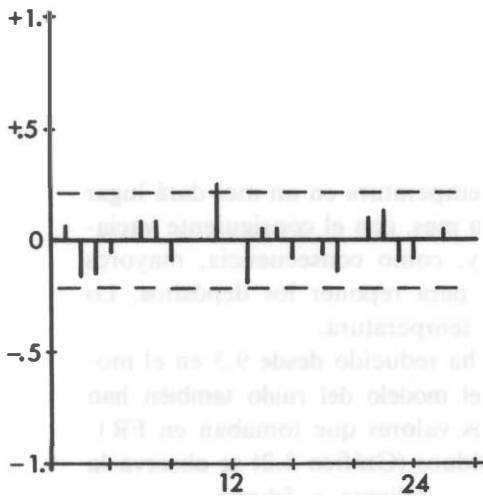
El valor del parámetro α_0 indica que una reducción de 1 grado centígrado en la temperatura media de un mes origina un aumento en el consumo de fuel-oil de aproximadamente 1,4% en el mes siguiente. La explicación de este retraso en la respuesta radica en la naturaleza de los datos de fuel-oil analizados, que son «salidas de CAMPSA» y no «usos» del fuel-oil; una reducción de temperatura en un mes dará lugar a un mayor «uso» de fuel-oil el mismo mes, con el consiguiente vaciado de los depósitos de los usuarios y, como consecuencia, mayores compras de fuel-oil el mes siguiente para reponer los depósitos. Lo contrario ocurrirá ante un aumento de temperatura.

La desviación típica porcentual se ha reducido desde 9.3 en el modelo FR1 hasta 9.1. Los parámetros del modelo del ruido también han variado sustancialmente a partir de los valores que tomaban en FR1. Por otra parte, en el gráfico de los residuos (Gráfico 3.2) se observa la desaparición del valor anómalo correspondiente a febrero de 1972. Todo esto parece indicar que la temperatura es una variable explicativa del consumo de fuel-oil. Los contrastes diagnósticos aplicados al modelo y los gráficos de las *fas*, *fap* y *fcc* residuales (Gráficos 3.3.-5) no sugieren mala especificación del modelo.



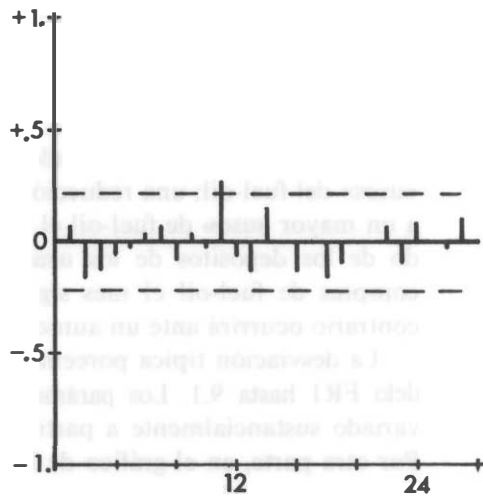
Residuos

Gráfico 3.2



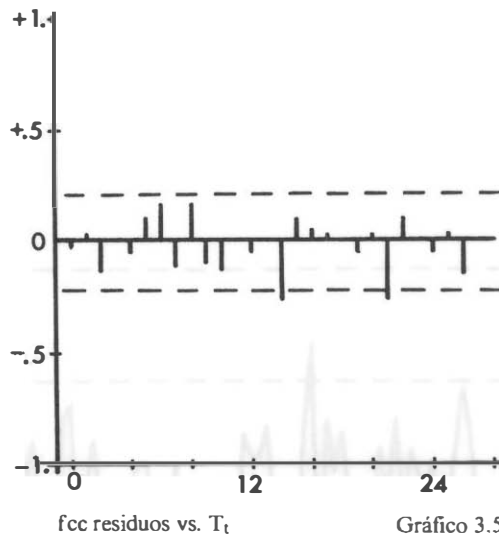
fas residuos

Gráfico 3.3



fap residuos

Gráfico 3.4



fcc residuos vs. T_t

Gráfico 3.5

Gráficos Modelo $\ln FR_t$ versus T_t . 1

Sin embargo, a pesar de no encontrar ninguna evidencia en la fcc residual de la existencia de estructura adicional, estimamos un nuevo modelo con dos parámetros de media móvil en la función de transferencia y con un retardo cero para contrastar la hipótesis de que no existe efecto contemporáneo. El valor del parámetro estimado para el

retardo cero fue $-.001$, con una desviación típica de $.006$, por lo que aceptamos el Modelo 1.

3.2. Relación $\ln FR_t$ Versus $\ln IPI_t$

Partimos del supuesto de que la actividad industrial, representada por la serie temporal IPI_t , es una variable explicativa del consumo de fuel-oil por ser éste un input en muchos sectores industriales. Pero no podemos descartar *a priori* la existencia de una relación entre ambas variables que actúe en sentido opuesto, es decir, desde FR_t hasta IPI_t .

Para averiguar si existe relación bidireccional, calculamos la función de correlación cruzada, con retardos positivos y negativos, entre ambas series preblanqueadas con sus respectivos modelos univariantes ($FR1$ e $IPI3$). Esta función sólo tiene un valor significativo en el retardo de orden cero, lo que refleja una relación contemporánea y descarta la existencia de una relación estrictamente bidireccional. Las correlaciones cruzadas parciales confirman este resultado. Procedemos, por tanto, a identificar un modelo de transferencia con $\ln FR_t$ como output y $\ln IPI_t$ como input (23).

El Gráfico 3.6 representa la función de correlación cruzada entre $\ln FR_t$ y $\ln IPI_t$, preblanqueada con el modelo $IPI3$. Hay un único valor significativo y positivo en el retardo de orden cero que confirma la relación contemporánea.

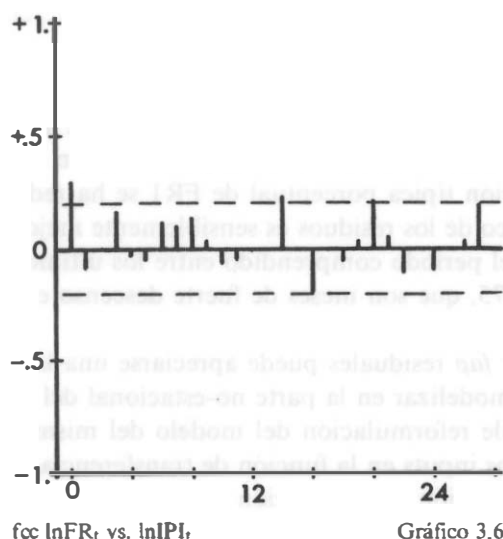


Gráfico 3.6

Identificamos, por tanto, un primer modelo que tiene un único parámetro ω_0 en la función de transferencia y cuyo modelo del término de ruido es el FR1.

Modelo $\ln FR_t$ versus $\ln IPI_t$.1:

$$\ln FR_t = .600 \ln IPI_t + N_t \quad (.204)$$

$$\nabla \nabla_{12} N_t = (1 - .76 B) (1 - .72 B^{12}) a_t \quad \begin{matrix} (.07) & (.10) \end{matrix}$$

$$\hat{\sigma}_a^2 = 8.01 \times 10^{-3}, \quad \hat{\sigma}_a \times 100 = 8.9, \quad Q_{fas} (37) = 32.0 \\ Q_{fcc} (38) = 27.9$$

Residuos anómalos:

Núm. Obs.	Fecha	Valor en Unidades $\hat{\sigma}_a$
23	11/71	-2.1
26	2/72	2.1
45	9/73	-2.5
46	10/73	2.4
88	4/77	-3.5

Los Gráficos 3.7-10 son los gráficos relevantes del modelo.

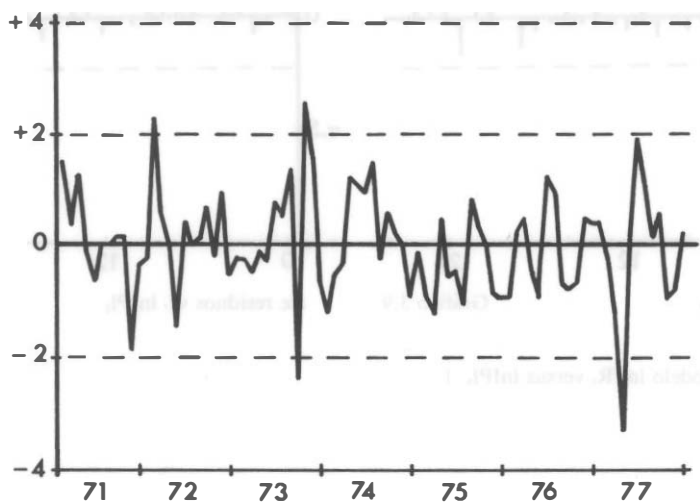
La elasticidad del fuel-oil respecto al Índice de Producción Industrial es de aproximadamente .6; no hay correlación entre los parámetros; la desviación típica porcentual de FR1 se ha reducido de 9.3% a 8.9% y el gráfico de los residuos es sensiblemente mejor que el de FR1, sobre todo en el período comprendido entre los últimos meses de 1974 y finales de 1975, que son meses de fuerte descenso en la actividad industrial.

En las *fas* y *fap* residuales puede apreciarse una ligera evidencia de estructura sin modelizar en la parte no-estacional del ruido, pero aplazamos la posible reformulación del modelo del mismo hasta tener incluidos todos los inputs en la función de transferencia.

Aunque la función de correlación cruzada residual no tiene ningún valor destacado, estimamos otros dos modelos incluyendo en la fun-

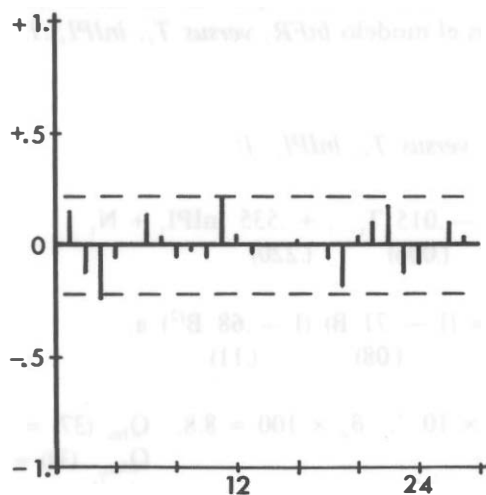
ción de transferencia un término de media móvil adicional en el retardo uno y un término autorregresivo respectivamente. En ambos casos obtuvimos valores no significativos y altas correlaciones entre los parámetros estimados, indicativas de sobreparametrización.

Aceptamos, por tanto, el Modelo 1.



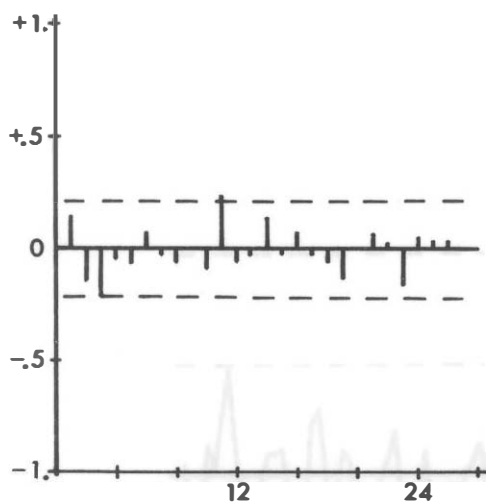
Residuos

Gráfico 3.7



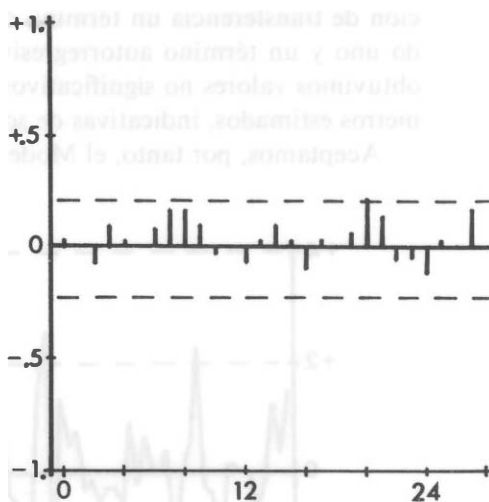
fas residuos

Gráfico 3.8



fap residuos

Gráfico 3.9



fcc residuos vs. $\ln IPI_t$

Gráfico 3.10

Gráficos Modelo $\ln FR_t$ versus $\ln IPI_t$. 1

3.3. Relación $\ln FR_t$ Versus T_t y $\ln IPI_t$

Cuando combinamos los dos inputs en un único modelo de transferencia, obtenemos el modelo $\ln FR_t$ versus T_t , $\ln IPI_t$. 1.

Modelo $\ln FR_t$ versus T_t , $\ln IPI_t$. 1:

$$\ln FR_t = - .015 T_{t-1} + .535 \ln IPI_t + N_t$$

(.006) (.220)

$$\nabla \nabla_{12} N_t = (1 - .71 B) (1 - .68 B^{12}) a_t$$

(.08) (.11)

$$\hat{\sigma}_a^2 = 7.9 \times 10^{-3}, \quad \hat{\sigma}_a \times 100 = 8.8, \quad Q_{fas} (37) = 37.0$$

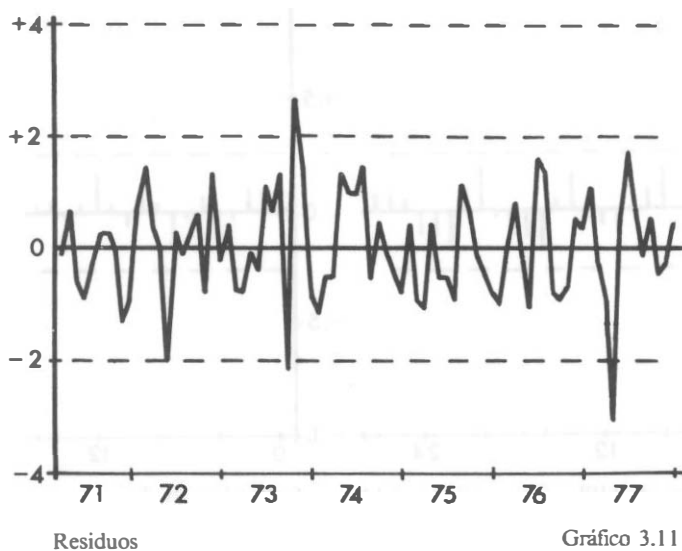
$$Q_{fcc_{T_t}} (38) = 20.0$$

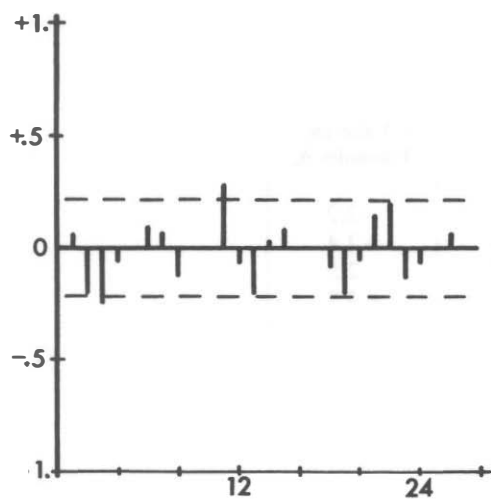
$$Q_{fcc_{IPI_t}} (38) = 25.0$$

Residuos anómalos:

Núm. Obs.	Fecha	Valor en Unidades $\hat{\sigma}_a$
29	5/72	- 2.2
45	9/73	- 2.4
46	10/73	2.5
88	4/77	- 3.3

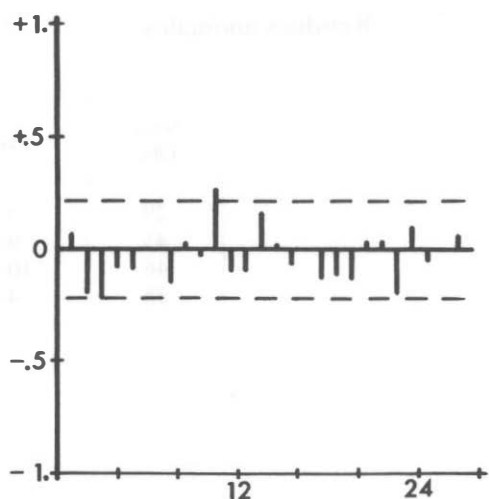
Los Gráficos 3.11-15 son los gráficos relevantes de este modelo.





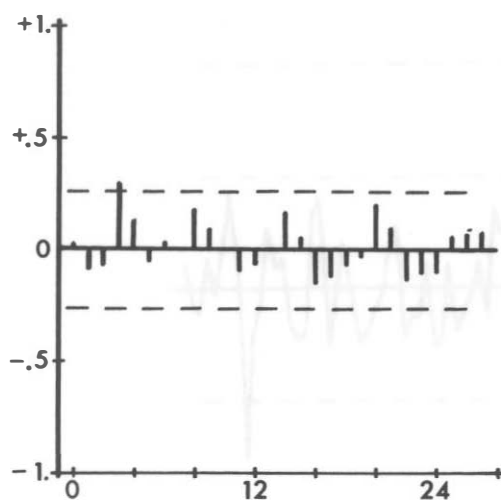
fas residuos

Gráfico 3.12



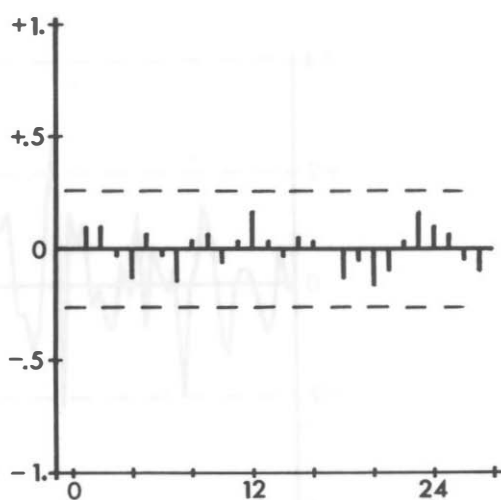
fap residuos

Gráfico 3.13



fcc residuos vs. $\ln PI_t$

Gráfico 3.14



fcc residuos vs. T_t

Gráfico 3.15

Gráficos Modelo $\ln FR_t$ versus T_t , $\ln PI_t$. 1

Los dos parámetros de las funciones de transferencia se mantienen con valores muy próximos a los de los modelos parciales y siguen siendo muy significativos; por otra parte, la desviación típica porcentual es ligeramente menor que la del modelo en el que IPI_t era el único input. Sin embargo, este modelo presenta varios problemas. En primer lugar, la f_{cc} entre los residuos y el IPI preblanqueado (Gráfico 3.14) tiene un valor significativo en el retardo de orden tres, que nos llevó a estimar dos modelos adicionales, incluyendo alternativamente en la función de transferencia de IPI un parámetro ω_1 y otro δ . En ningún caso obtuvimos valores significativos.

Otro problema del modelo es que los residuos tienen una media significativamente distinta de cero y que las fas y fap residuales (Gráficos 3.12 y 13) sugieren que el ruido todavía tiene estructura no explicada por el modelo. El alto valor del estadístico Q de la fas confirma esta hipótesis.

La f_{cc} entre los residuos y la variable T_t (Gráfico 3.15) no presenta problemas, por el contrario.

Antes de reformular el modelo del ruido, sin embargo, modelizamos mediante tres análisis de intervención, los tres residuos anómalos más destacados que tiene este modelo (Gráfico 3.11) ya que pueden ser el origen de distorsiones en la media y en el propio modelo del ruido. No es aconsejable, en principio, llevar a cabo estos análisis cuando no existe una causa concreta y claramente definida de la anomalía.

En nuestro caso nos encontramos, en primer lugar, con un residuo negativo de valor igual a $-2.4\hat{\sigma}_a$ en septiembre de 1973, y con otro residuo de signo contrario en octubre del mismo año, que tiene un valor de $2.5\hat{\sigma}_a$. Estas son precisamente las fechas que constituyen el principio de la crisis energética mundial al estallar la guerra árabe-israelí. En efecto, después de la Conferencia de Kuwait, celebrada a principios de octubre entre los países pertenecientes a la Organización de Países Arabes Exportadores de Petróleo, se decretó el embargo de crudo a varios países importadores. Aunque España fue declarada «país amigo» y no sometida al embargo, se vio afectada, además de por las subidas de precios del crudo, por los retrasos y dificultades en el suministro originados por el cierre de los puertos de Banias, Sidón y Trípoli al ser consideradas zonas peligrosas para la navegación y carga, con la consiguiente concentración del tráfico de petroleros en las terminales del Pérsico (32). Investigaciones llevadas a cabo en la Hemeroteca de Madrid confirman que en la prensa correspondiente a septiembre de 1973 se habla insistentemente de un posible embargo, y que desde principios

de octubre circulan rumores de escasez de crudo, aunque son desmentidos el día 20 por el entonces Ministro de Industria. Todas estas razones nos llevan a pensar que los dos valores anómalos de los residuos del Modelo 1 en septiembre y octubre de 1973 no se pueden considerar como parte de la «evolución normal» de la serie FR_t , estando justificado un análisis de intervención en cada uno de ellos para medir los efectos de las dificultades y retrasos en los suministros que tienen lugar en esas fechas.

En cuanto al residuo negativo que aparece en abril de 1977, y que es el de mayor valor absoluto, hay que tener en cuenta que el 20 de enero de ese año se aprobó el Plan Económico que incluía futuras subidas de precios de los productos energéticos; en la prensa del mes siguiente hay insistentes especulaciones sobre posibles acaparamientos. Si éstos se hubieran producido efectivamente en la industria, estaría justificado el residuo negativo en abril (la subida de precios del fuel-oil se produjo el 10 de marzo). No disponemos de la serie de existencias de fuel-oil en la industria que nos permita confirmar tal hipótesis, pero sí hemos podido consultar la serie de existencias en las centrales térmicas, donde se aprecia una gran disminución en abril de 1977, no correspondida por un aumento del consumo en las propias centrales. Esto podría hacer pensar en un acaparamiento de fuel-oil por parte de las centrales y en su posterior reventa a la industria una vez producido el aumento de precio, lo que justificaría la anómala reducción de las salidas de CAMPSA hacia la industria en abril de 1977, que observamos en los residuos de nuestro modelo. Aunque no nos ha sido posible confirmar tal hipótesis, pensamos que también está justificado aquí el proceder a un análisis de intervención para medir por separado el efecto de los posibles acaparamientos.

Pasamos, por tanto, a estimar un segundo modelo, que es el Modelo 2 incluyendo en él tres variables ficticias, ξ_i , que toman un valor unitario en las tres fechas señaladas y que son nulas el resto del período muestral.

Modelo $\ln FR_t$ versus T_t , $\ln IPI_t$.2:

$$\ln FR_t = -.008 T_{t-1} + .504 \ln IPI_t - .218 \xi_t^1 + .121 \xi_t^2 - .288 \xi_t^3 + N_t$$

(0.004) (.200) (0.63) (.060) (.069)

$$VV_{12} N_t = (1 - .61 B) (1 - .64 B^{12}) a_t$$

(.10) (.11)

$$\xi_t^1 = \begin{cases} 1, & t = 9/73 \\ 0, & t \neq 9/73 \end{cases} \quad \xi_t^2 = \begin{cases} 1, & t = 10/73 \\ 0, & t \neq 10/73 \end{cases} \quad \xi_t^3 = \begin{cases} 1, & t = 4/77 \\ 0, & t \neq 4/77 \end{cases}$$

$$\hat{\sigma}_a^2 = 5.6 \times 10^{-3}, \quad \hat{\sigma}_a \times 100 = 7.5, \quad Q_{fas} (37) = 28.1$$

$$Q_{fcc_{T_t}} (38) = 18.3$$

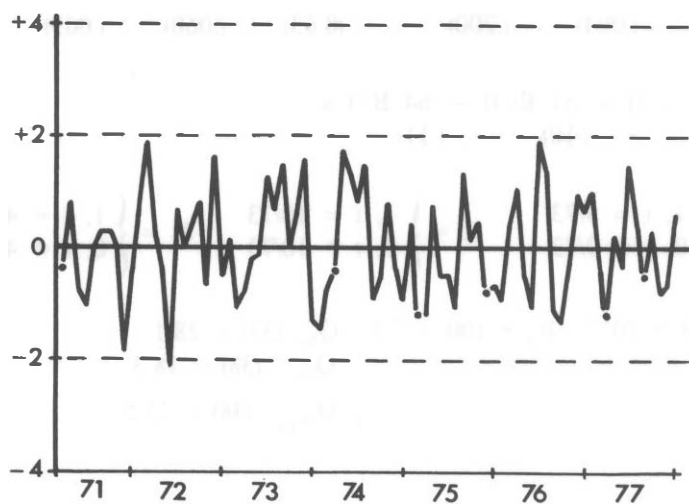
$$Q_{fcc_{IPI_t}} (38) = 25.5$$

Residuos anómalos:

Núm. Obs.	Fecha	Valor en Unidades $\hat{\sigma}_a$
29	5/72	- 2.2

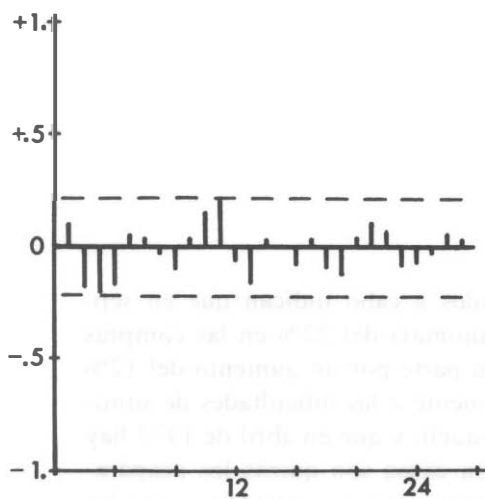
Los análisis de intervención llevados a cabo indican que en septiembre de 1973 hay una reducción anómala del 22% en las compras de fuel-oil no térmico, compensada en parte por un aumento del 12% en el mes siguiente, debidas probablemente a las dificultades de suministro acarreadas por la guerra árabe-israelí; y que en abril de 1977 hay otra reducción anómala del 29%, cuya causa son quizás los acaparamientos realizados en los meses anteriores por la industria o por las centrales térmicas, ante los anuncios de futuras subidas de precios.

Los gráficos relevantes de este modelo son los Gráficos 3.16-20.



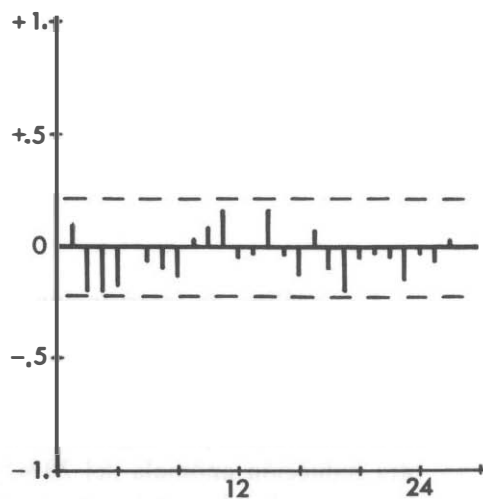
Residuos

Gráfico 3.16



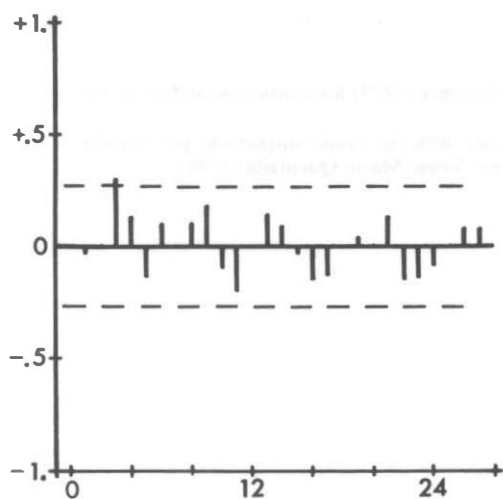
fas residuos

Gráfico 3.17



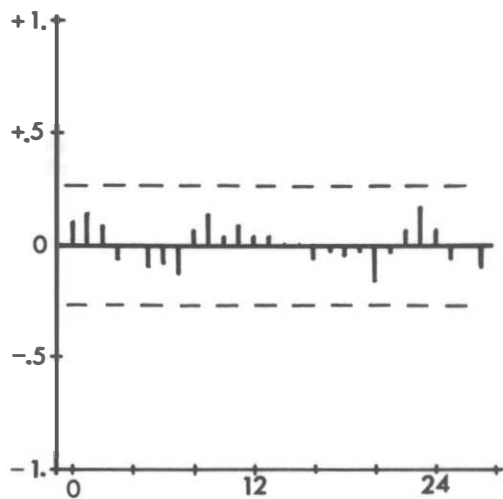
fap residuos

Gráfico 3.18



fcc residuos vs. $\ln IPI_t$

Gráfico 3.19



fcc residuos vs. T_t

Gráfico 3.20

Gráficos Modelo $\ln FR_t$ versus T_t , $\ln IPI_t$. 2

Observamos que los problemas del Modelo 1 han desaparecido casi en su totalidad al modelizar por separado estos tres residuos. La media de los residuos del nuevo modelo es probablemente nula, y aunque las *fas* y *fap* residuales (Gráficos 3.17 y 18) pueden sugerir alguna estructura adicional en el ruido, el estadístico Q se ha reducido drásticamente, tomando ahora un valor perfectamente aceptable. Intentamos, sin embargo, estimar otro modelo incluyendo dos términos autorregresivos en la estructura no-estacional del ruido, pero obtuvimos valores no-significativos de los dos parámetros.

Las dos funciones de correlación cruzada (Gráficos 3.19 y 20) así como los estadísticos Q correspondientes, son adecuados, aunque sigue existiendo un valor alto en el retardo de orden tres del IPI.

Aceptamos, por tanto, el término de ruido de este Modelo 2 como representativo de la parte del consumo de fuel-oil no térmico que no se ve afectada por la evolución de la industria, de la temperatura ni de los tres hechos anómalos mencionados, y sobre el que analizaremos los efectos de las variaciones en los precios. Hemos señalado en el gráfico de los residuos (Gráfico 3.16) con un trazo discontinuo, las fechas en que se producen dichas subidas.

NOTAS

(31) Véanse en Centro de Estudios de la Energía (1979) los consumos de fuel-oil en los distintos sectores industriales.

(32) Hay que tener en cuenta que más del 90% del crudo importado por España procede de las zonas del Pérsico y Mediterráneo. Véase Marín Quemada (1978).

4. MODELIZACION DE LOS EFECTOS DE PRECIOS

La Teoría Económica postula que las cantidades consumidas de un bien son una función del precio del propio bien, de los precios de los bienes complementarios y sustitutivos del mismo, de la renta, etc. Queremos aislar en esta sección la relación entre cada uno de los dos consumos de productos energéticos que estamos analizando y sus respectivos precios, manteniendo constantes el resto de las variables determinantes de los mismos, con objeto de medir las elasticidades-precio de cada una de las demandas. Una forma de hacerlo, utilizando la metodología Box-Jenkins, sería construir para cada uno de los dos bienes un modelo de transferencia del tipo:

$$Y_t = v(B)P_{Y_t} + N_t, \quad [1]$$

donde Y_t es el consumo del bien correspondiente, P_{Y_t} es su precio nominal, y en cuyo término de error o ruido, N_t , estaría recogida implícitamente la influencia de todas las variables determinantes de Y_t , excepto la de su propio precio.

En las secciones 2 y 3, sin embargo, hemos dado un paso previo consistente en eliminar de cada una de las series Y_t los efectos de aquellas variables que, dada la naturaleza y utilización del fuel-oil, consideramos especialmente relevantes en la determinación de sus respectivos consumos, desarrollando en cada caso un modelo final de transferencia del tipo:

$$Y_t = \sum_i v_i(B) X_{it} + N'_t, \quad [2]$$

donde X_{it} son tales variables.

Para identificar y estimar las elasticidades-precio no partimos, por tanto, de las series Y_t desarrollando relaciones del tipo de la [1], sino de los términos de ruido, N'_t , de cada uno de los dos modelos finales mencionados, que representan la parte de Y_t no explicada por las va-

riables X_{it} . De estos términos de ruido pretendemos extraer el efecto del precio de Y_t , para lo que elaboramos modelos de la forma:

$$N'_t = v' (B) P_{Y_t} + N_t^*,$$

que sustituyendo N'_t por su valor en [2], quedan reducidos a:

$$Y_t = \sum_i v_i (B) X_{it} + v' (B) P_{Y_t} = N'_t.$$

Los nuevos términos de ruido, N_t^* , contienen el efecto sobre Y_t de los restantes precios y, en general, de todas las variables no incluidas explícitamente en el modelo.

El procedimiento seguido consiste, por tanto, en introducir en cada modelo de transferencia final un input adicional, que es la respectiva serie de precios nominales, haciendo una estimación conjunta de su función de transferencia y de las funciones de transferencia de los otros inputs. La inclusión de las series de precios como inputs en un modelo de transferencia unidireccional está justificada por tratarse, en los dos casos, de bienes que tienen precios políticos, lo que descarta la existencia de efectos de realimentación de la cantidad demandada sobre el precio, susceptibles de modelización.

Las series de precios utilizadas son, por tanto, series determinísticas con perfil de escalones, contruidos a partir de los Cuadros I y II del Apéndice de Precios (33), que contiene además toda la información que consideramos relevante en cuanto a las políticas de precios seguidas durante el período muestral.

En el epígrafe 4.1 describimos y comentamos los cálculos realizados y los resultados obtenidos para el consumo de fuel-oil no térmico, y en el 4.2 los del consumo del fuel-oil térmico.

4.1. *Relación entre el consumo de fuel-oil no térmico y su precio*

El punto de partida en este primer caso es el que hemos llamado Modelo 2 en la sección 3 ($\ln FR_t$ versus T_t , $\ln IPI_t$.2). En el gráfico de los residuos de este modelo (Gráfico 3.16) se observa que todos los valores correspondientes a las fechas en que se producen las elevaciones de precios, están situados por debajo de la media, sugiriendo, como esperaríamos, una relación cantidad-precio negativa; y que en todos ellos, excepto en los que corresponden a marzo de 1971 y marzo de 1974, hay además una secuencia de valores negativos en los meses siguientes que sugiere que la respuesta de la cantidad demandada a las variaciones del precio es permanente. De acuerdo con esta observación identificamos un primer modelo, que llamamos $\ln FR_t$ vs. $\ln P_t$.1, intro-

duciendo un único parámetro ω_0 en la función de transferencia cuyo input es la serie de precios, para tratar de medir dicha respuesta.

La serie de precios la transformamos logarítmicamente por razones de conveniencia ya que, dada la transformación logarítmica decidida para el output en la modelización univariante de éste, podemos interpretar directamente la ganancia de la función estimada como la elasticidad-precio de demanda. Se trata, por otra parte, de una transformación razonable puesto que en los estudios realizados con series de precios que siguen procesos estocásticos, estos procesos son generalmente logarítmicos.

Modelo $\ln FR_t$ versus $\ln P_t$.1:

$$\ln FR_t = - .008 T_{t-1} + .492 \ln IPI_t - .219 \xi_t^1 + .120 \xi_t^2 - .288 \xi_t^3 - .030 \ln P_t + N_t$$

(.005)
(.064)
(.064)
(0.63)
(.069)
(.081)

$$\nabla \nabla_{12} N_t = (1 - .60 B) (1 - .65 B^{12}) a_t$$

(.10)
(.11)

$$\xi_t^1 = \begin{cases} 1, & t = 9/73 \\ 0, & t \neq 9/73 \end{cases} \quad \xi_t^2 = \begin{cases} 1, & t = 10/73 \\ 0, & t \neq 10/73 \end{cases} \quad \xi_t^3 = \begin{cases} 1, & t = 4/77 \\ 0, & t \neq 4/77 \end{cases}$$

$$\hat{\sigma}_a^2 = 5.69 \times 10^{-3}, \quad \hat{\sigma}_a = 100 = 7.5, \quad Q_{fas} (37) = 26.6$$

$$Q_{fec_{T_t}} (38) = 18.1$$

$$Q_{fec_{IPI_t}} (38) = 25.7$$

Residuos anómalos:

Núm. Obs.	Fecha	Valor en Unidades $\hat{\sigma}_a$
23	11/71	- 2.1
29	5/72	- 2.4

El nuevo parámetro estimado tiene el signo adecuado, pero no es significativamente distinto de cero (es $-.030 \pm .162$). Esto hace que el modelo sea prácticamente idéntico al que teníamos antes de incluir los precios, por lo que no presentamos ninguno de sus gráficos.

A la vista de este resultado y pensando que el sistema puede tener respuestas no lineales a las variaciones de precios que nos impidan detectar la elasticidad cuando tratamos de medirla como si hubiera una

respuesta uniforme, optamos por descomponer la serie input para aislar del resto de las alzas de precios la que se produce en marzo de 1974.

Elegimos esta fecha por varias razones. En primer lugar, porque de todas las elevaciones experimentadas por el precio del fuel-oil no térmico durante el período analizado, la que se produce en marzo de 1974 es, con gran diferencia, la mayor (el precio aumenta en un 93.9%). Y, en segundo lugar, porque es lógico esperar que en los últimos meses de 1973 y en los primeros de 1974, se habrán producido, como consecuencia de las repercusiones de la crisis del petróleo, múltiples fenómenos transitorios de distintos tipos que contribuyan a ocultar la respuesta a largo plazo del consumo de fuel-oil no térmico al aumento del precio.

Estimamos así un segundo modelo ($\ln FR_t$ versus $\ln P_t$.2) en el que introducimos dos inputs de precios, $\ln P$ (3/74) y $\ln P'_t$, tales que:

$$\ln P_t = \ln P (3/74) + \ln P'_t,$$

donde:

$$\ln P (3/74) = \begin{cases} 0 & , \quad t < 3/74 \\ \forall \ln P (3/74), & t \geq 3/74 \end{cases}$$

y donde P'_t engloba las elevaciones de precios distintas a la de marzo de 1974. Suponemos el mismo tipo de respuesta, por lo que aplicamos un parámetro ω_0 a cada uno de los inputs.

Modelo $\ln FR_t$ versus $\ln P$.2:

$$\begin{aligned} \ln FR_t = & - .009 T_{t-1} + .387 \ln PI_t - .192 \xi_t^1 + .153 \xi_t^2 - .271 \xi_t^3 + \\ & (.004) \quad (.169) \quad (.062) \quad (.062) \quad (.068) \\ & + .044 \ln P (3/74) - .463 \ln P'_t + N_t \\ & (.068) \quad (-.135) \end{aligned}$$

$$\forall \forall_{12} N_t = (1 - .76 B) (1 - .66 B^{12}) a_t$$

(.08) (.11)

$$\xi_t^1 = \begin{cases} 1, & t = 9/73 \\ 0, & t \neq 9/73 \end{cases} \quad \xi_t^2 = \begin{cases} 1, & t = 10/73 \\ 0, & t \neq 10/73 \end{cases} \quad \xi_t^3 = \begin{cases} 1, & t = 4/77 \\ 0, & t \neq 4/77 \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \hat{\sigma}_a^2 &= 5.01 \times 10^{-3}, \quad \hat{\sigma}_a \times 100 = 7.1, \quad Q_{fas} (37) = 27.9 \\ & \quad Q_{fcc_{T_t}} (38) = 22.9 \\ & \quad Q_{fcc_{PI_t}} (38) = 22.4 \end{aligned}$$

Residuos anómalos:

Núm. Obs.	Fecha	Valor en Unidades $\hat{\sigma}_a$
23	11/71	- 2.1
29	5/72	- 2.6

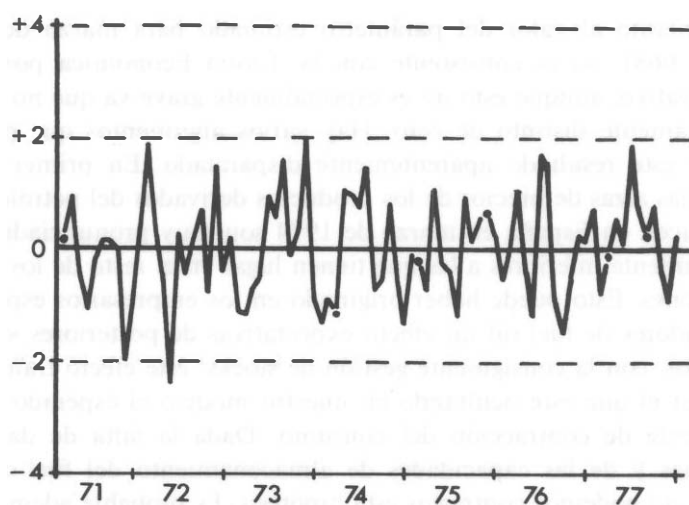
Podemos comprobar que el simple hecho de aislar la subida de precios de marzo de 1974 nos permite obtener un valor estimado de la elasticidad-precio para el resto del período de $-.463$, con un error estándar de $.135$, lo que sugiere que los fenómenos transitorios que se producen alrededor de esa fecha estaban, en efecto, neutralizando el efecto general de los precios sobre el consumo.

El parámetro estimado y su error estándar indican que la elasticidad-precio de la demanda del fuel-oil no térmico, excepto en marzo de 1974, está comprendida entre $-.67$ y $-.33$ con una probabilidad del 67% y entre $-.73$ y $-.19$ con una probabilidad del 95%, que son valores perfectamente aceptables desde un punto de vista teórico. La probabilidad de obtener este resultado si la elasticidad fuera cero es de aproximadamente $.001$ ($t = 3.4$, para 72 grados de libertad).

En cuanto al valor del parámetro estimado para marzo de 1974 ($.004 \pm .068$), no es consistente con la Teoría Económica por tener signo positivo, aunque esto no es especialmente grave ya que no es significativamente distinto de cero. Hay varios argumentos que pueden explicar este resultado aparentemente disparatado. En primer lugar, aunque las alzas de precios de los productos derivados del petróleo que se producen en España en marzo de 1974 son muy pronunciadas, son marcadamente inferiores a las que tienen lugar en el resto de los países occidentales. Esto puede haber originado en los empresarios españoles consumidores de fuel-oil un efecto expectativas de posteriores subidas de precios, con la consiguiente gestión de stocks; este efecto transitorio puede ser el que esté ocultando en nuestro modelo el esperado efecto permanente de contracción del consumo. Dada la falta de datos de existencias y de las capacidades de almacenamiento del fuel-oil no térmico, no podemos contrastar esta hipótesis. Es probable además que en las fechas anteriores a marzo de 1974 haya habido retrasos en los suministros de CAMPSA, que ya ha sufrido aumentos de los precios

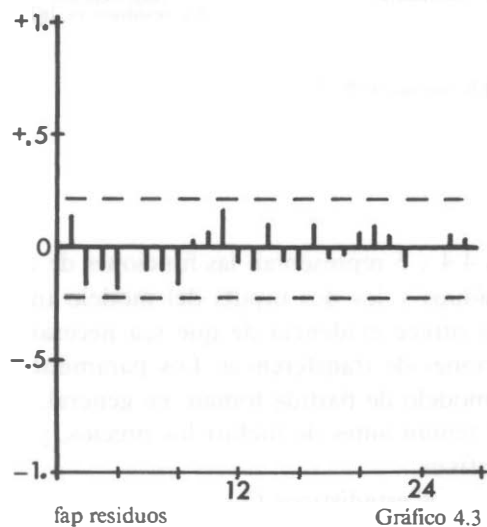
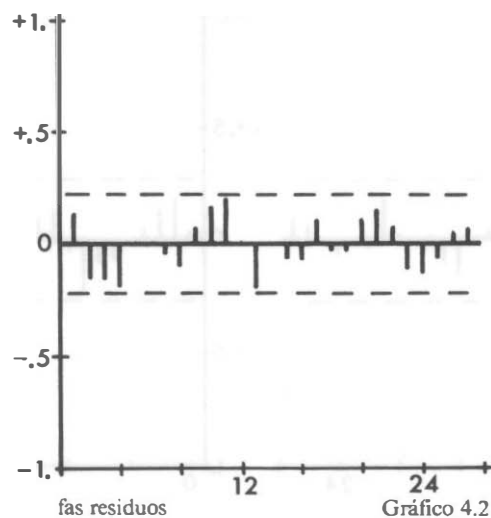
del crudo y que aún no los ha visto repercutidos en el precio de sus derivados.

Hay que tener en cuenta, por otra parte, que ya tenemos incluido el Índice de Producción Industrial como un input en nuestro modelo de transferencia y que esta variable quizás recoge de forma indirecta los efectos de las alzas de precios de los productos petrolíferos. En efecto, la serie IPI_t experimenta una caída, que parece permanente, alrededor de la fecha que estamos analizando (34). Esto sugiere que el efecto de la subida de precios de marzo de 1974 sobre el consumo de fuel-oil no-térmico podría estar recogida indirectamente a través de los efectos de escala de IPI_t sobre FR_t , dificultando su estimación directa mediante un input de precios (35).



Residuos

Gráfico 4.1



Gráficos Modelo $\ln FR_t$ versus $\ln P_t$.2

Los Gráficos 4.1-3 representan los residuos y las *fas* y *fap* residuales del modelo estimado. Aunque los contrastes diagnósticos utilizados no indican una mala especificación del mismo, intentamos reformular el modelo del ruido basándonos en los Gráficos 4.2 y 3, que sugieren la existencia de dos términos autorregresivos con raíces complejas en la parte regular. El intento no dio resultado ya que los dos nuevos parámetros estimados toman valores de .18 y -.18, con errores estándar de .18 y .17 respectivamente.

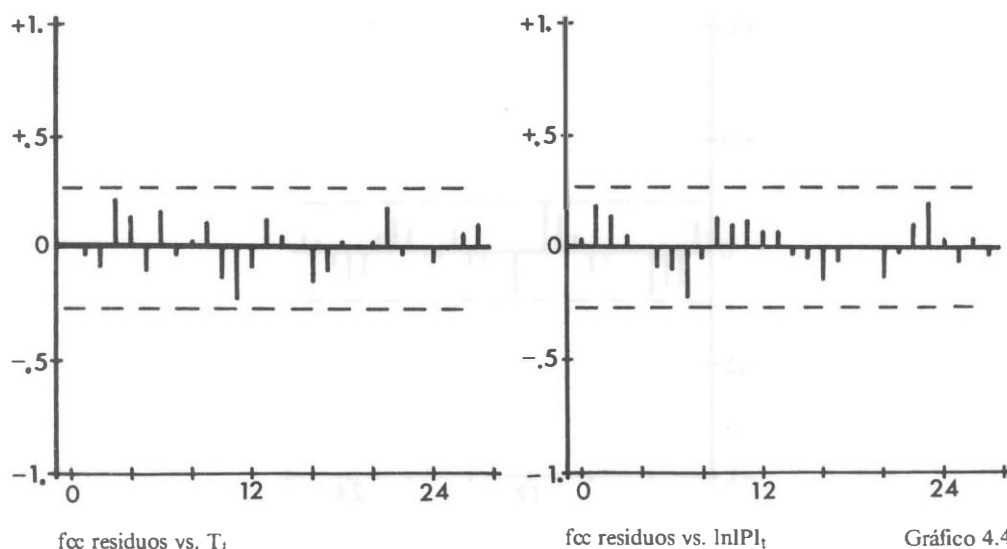


Gráfico 4.4

Gráficos Modelo $\ln FR_t$ versus $\ln P_t$. 2

Los Gráficos 4.4 y 5 representan las funciones de correlación cruzada entre los residuos y los dos inputs del modelo inicial, $\ln P_t$ y T_t , y ninguna de ellas ofrece evidencia de que sea necesario reformular las respectivas funciones de transferencia. Los parámetros que ya estaban incluidos en el modelo de partida toman, en general, valores muy próximos a los que tenían antes de incluir los precios, y siguen siendo altamente significativos.

Los valores de los estadísticos Q son aceptables y los residuos sólo tienen dos valores mayores en valor absoluto que dos desviaciones típicas. No encontramos para estos valores ninguna causa especial. Por otra parte, la desviación típica porcentual de este modelo es 7.1 %, un 5% menor que la del modelo inicial.

Todas estas razones nos llevan a aceptar este modelo como válido para estimar la elasticidad-precio de la demanda de fuel-oil no térmico.

Hicimos estimaciones de otros modelos con funciones de transferencia más complejas para el input $\ln P'_t$, pero en ningún caso pudimos detectar una estructura de respuesta distinta a la del Modelo 2.

Es difícil evaluar los sesgos que pueden suponer para el coeficiente $(-.46)$ del precio del fuel-oil en este modelo, la omisión de otras variables de precios (de los outputs industriales y de los inputs sustitutivos y complementarios). Opinamos, sin embargo, que deben ser cuantitativamente pequeños, ya que el verdadero input en nuestra relación es $\nabla \nabla_{12} \ln P'_t$ (36), que probablemente estará poco correlacionado con los demás precios una vez estén sometidos éstos a una transformación similar. En este sentido hay que señalar que la idea, común en la econometría convencional, de que tales sesgos pueden ser importantes por el hecho de que ha habido una inflación generalizada a lo largo del período muestral, confunde la correlación entre diferentes series temporales con la autocorrelación típica de cada una de ellas. Para que fueran importantes los sesgos del coeficiente de $\ln P'_t$, ocasionados por las variaciones de los precios omitidos, sería preciso: a) que las elevaciones de estos últimos se produjesen prácticamente en las mismas fechas que los aumentos del precio del fuel-oil, y b) que sus incrementos porcentuales fuesen cuantitativamente semejantes a los del precio del fuel-oil en las mismas fechas.

En relación con este problema, es especialmente preocupante la omisión de un índice del precio agregado de la energía para la economía española, ya que su exclusión del modelo puede producir sesgos tanto en el coeficiente del precio como en el coeficiente del IPI. En efecto, si el Índice de Producción Industrial está negativamente correlacionado con el precio omitido, esto daría lugar a un sesgo negativo sobre el coeficiente del IPI; pero es de esperar además que el precio energético agregado esté positivamente correlacionado con el precio del fuel-oil, lo que daría lugar a que la elasticidad-precio estimada estuviera también sesgada negativamente.

4.2. *Relación entre el consumo de fuel-oil térmico y su precio*

Nuestro punto de partida para detectar los efectos de las variaciones del precio del fuel-oil término sobre su consumo, es el Modelo

$$FT_t \text{ versus } \ln E_t, PL_t^{.33} / \nabla, AE'_t .4$$

obtenido en la sección 2. El término de ruido de este modelo representa la evolución de FT_t dada una demanda constante de energía eléctrica y eliminadas las posibilidades de sustitución del fuel por agua en la producción de electricidad.

No hemos podido detectar ningún efecto significativo de las variaciones del precio sobre la cantidad consumida de fuel-oil térmico, a pesar de los múltiples intentos de modelización realizados. En esta sección describimos brevemente dichos intentos, pero no presentamos ninguno de los modelos elaborados.

Los primeros cálculos llevados a cabo consistieron en introducir la serie de precios nominales del fuel-oil térmico, construida a partir del Cuadro II del Apéndice de Precios, como input adicional en el modelo de partida, siguiendo un proceso similar al de las dos secciones anteriores. Construimos varios modelos en este sentido utilizando diferentes estructuras para la función de transferencia e introduciendo alternativamente en cada una de ellas la serie de precios sin transformar y transformada logarítmicamente. En todos los casos obtuvimos coeficientes de precios positivos y algunas veces incluso significativamente distintos de cero.

La siguiente vía de análisis consistió en introducir como input el precio relativo del fuel térmico respecto al carbón térmico, en lugar del precio nominal del fuel-oil. La razón de esta decisión es que, una vez eliminada en nuestro modelo la posibilidad de sustituir fuel-oil por agua en la producción de energía eléctrica, el único input sustitutivo importante en la generación de electricidad es el carbón, dada la estabilidad de la producción eléctrica en plantas nucleares y la insignificante proporción que representa la utilización del gas en las centrales térmicas. Esto nos llevó a pensar que una explicación de la ausencia de resultados significativos en nuestros análisis podría ser la evolución del precio del carbón térmico, que ha sufrido grandes aumentos durante el período muestral, representando en muchos casos mayores incrementos porcentuales que los del fuel-oil. En el Cuadro I, construido a partir de los Cuadros I y III del Apéndice de Precios, presentamos la evolución del precio relativo del fuel respecto al carbón térmico durante el período muestral.

CUADRO I

PRECIO RELATIVO DEL FUEL RESPECTO AL CARBON TERMICO					
Fecha variación		Precio fuel-oil (Pts./Tm.)	Precio carbón (Pts./Tm.)	$\frac{\text{Precio fuel-oil}}{\text{Precio carbón}}$	Variación (%)
Enero	1970	1350	523	2.58	
Marzo	1971	1400	627	2.23	- 13.6
Septiembre	1973	1400	800	1.59	- 28.7
Marzo	1974	2400	1600	1.50	- 5.7
Febrero	1975	3200	2027	1.58	5.3
Noviembre	1975	4200	2440	1.72	8.9
Marzo	1977	5040	2950	1.71	- .58
Agosto	1977	6300	2950	2.14	25.2

FUENTE: Boletín Oficial del Estado.

Observamos en el cuadro anterior que este precio relativo ha disminuido ligeramente entre el principio y el final de la muestra, experimentando continuas reducciones hasta febrero de 1975 y aumentos porcentuales muy pequeños desde esa fecha hasta agosto de 1977, en que aumenta en un 25%.

En los primeros modelos estimados utilizando el precio relativo del fuel respecto al carbón como nuevo input (sin transformar y transformado logarítmicamente) y aplicando diversas estructuras a su función de transferencia, obtuvimos sistemáticamente coeficientes de precios no significativamente distintos de cero, aunque de signo negativo.

Teniendo en cuenta que la variación más importante del precio relativo tiene lugar en septiembre de 1973, en que se reduce en un 29%, y que en esa fecha hay un residuo extremo positivo en nuestro modelo de transferencia de partida, hicimos un nuevo intento de modelización efectuando una descomposición de la serie de precios similar a la realizada en las dos secciones anteriores, para separar del resto el efecto de la reducción del precio en septiembre de 1973. Conseguimos de esta forma detectar una «elasticidad-precio» en esa fecha de -0.2 , con un ni-

vel de confianza de aproximadamente el 80%. Sin embargo, teniendo en cuenta que septiembre de 1973 y los meses siguientes son fechas de grandes alteraciones en el conjunto del sistema energético español, nos parece sumamente arriesgado sacar la conclusión de que la variación del precio relativo del fuel respecto al carbón es la única causa del valor extremo observado ese mes en los residuos de nuestro modelo.

No creemos que se pueda concluir como consecuencia de todos estos resultados, que no existen efectos de precios sobre el consumo de fuel-oil térmico. Lo que es evidente es la gran dificultad existente para modelizar adecuadamente dichos efectos. Esta dificultad se debe en parte a los complejos sistemas de compensaciones económicas por la utilización de fuel-oil y/o carbón en las centrales térmicas, que han estado vigentes durante el período analizado y que están descritas en el Apéndice de Precios. Estas compensaciones son una fuente de distorsiones del precio relativo sombra con respecto al precio relativo observado. Cabe imaginar un modelo teórico en el que se calcule el precio relativo sombra en función del sistema institucional de compensaciones, pero nos ha sido imposible elaborar dicho modelo ante la falta de transparencia en la información sobre las compensaciones efectivamente llevadas a cabo y, en definitiva, sobre el verdadero funcionamiento del sistema.

Hay diferentes vías de investigación que podrían contribuir a aclarar los resultados de esta sección. Una de ellas se podría seguir si dispusiéramos de datos de la producción eléctrica desagregados por tipos de centrales. Considerando la producción agregada como una variable exógena (tal como hemos hecho en los modelos aquí presentados) y tomando la producción en centrales nucleares también como exógena, la diferencia entre estas dos series, igual a la suma de las producciones en centrales hidráulicas y en centrales térmicas convencionales, sería asimismo exógena. Con los datos utilizados en este trabajo, más los correspondientes a estas dos formas de producción, sería posible reducir una fuente importante de variación en nuestros modelos, debida al sistema de decisión entre producción hidráulica y térmica convencional, sistema que en este trabajo está tratado sólo implícitamente por falta de los datos relativos a los tipos de producción. Esta misma vía de investigación utilizaría la serie de consumo de carbón en centrales térmicas, modelizando el sistema en su conjunto. Es imposible prever si tal extensión del trabajo revelaría efectos del precio relativo del fuel respecto al carbón térmico, pero es una posibilidad que no debe ser descartada.

Por otra parte, hay que tener en cuenta que en este trabajo hemos utilizado la serie disponible de las salidas de CAMPSA de fuel-oil térmico como si fuera idéntica a la del consumo en las centrales. Disponer de datos del verdadero consumo, que no contuvieran elementos de acumulación de stocks, también podría contribuir a aclarar el problema.

NOTAS

(33) En los casos en que el alza de precios se produce en los últimos días del mes (27/2/71, 25/1/75 y 25/7/77 en el caso del fuel-oil y 25/7/77 en el caso de la energía eléctrica), nuestra serie la sitúa en el mes siguiente.

(34) Ver García-Pardo, J. (1981), Capítulo IV.

(35) Esta posible dependencia del Índice de Producción Industrial respecto al precio del fuel-oil no térmico implicaría correlación entre estos dos inputs de nuestro modelo de transferencia, con la consiguiente reducción en la precisión con la que estimamos los correspondientes coeficientes.

El procedimiento estrictamente correcto para comprobar la existencia de tal correlación y eliminarla en su caso, consistiría en estudiar la relación entre el IPI y el precio del fuel-oil no térmico con objeto de ortogonalizar los dos inputs y precisar los efectos sobre los coeficientes estimados de la supuesta relación. No hemos seguido este procedimiento porque ello nos hubiera obligado a entrar mucho más a fondo en el análisis de los datos del Índice de Producción Industrial lo que, tanto por razones conceptuales como empíricas, habría supuesto cruzar un umbral importante en cuanto a la complejidad de las interacciones energía-producto que analizamos. Este es uno de los temas que requeriría una mayor investigación en el futuro.

De todas maneras, hay razones para suponer que esta correlación no es muy importante. En efecto, las autoridades económicas no confiaron solamente a las subidas de precios de los inputs energéticos la disminución del consumo de los mismos, por lo que, para conseguir éste y otros objetivos, impusieron a la economía una política monetaria restrictiva que, ayudada por la disminución de las exportaciones de bienes y servicios, dio lugar a caídas en el Índice de Producción Industrial desde principios de 1974. Por el contrario, las subidas de precios de los productos petrolíferos se produjeron de forma discontinua a lo largo del período, por lo que no parece probable la presencia de una relación directa y fuerte entre estos últimos y la evolución del Índice de Producción Industrial, una vez tenidas en cuenta la Política Monetaria y la evolución de las exportaciones.

(36) Ninguno de los términos de error o ruidos de los modelos de transferencia desarrollados en este trabajo es estacionario, por lo que todos ellos requieren la aplicación de alguna diferencia regular y/o estacional.

En general, si tenemos un modelo de transferencia:

$$Y_t = \sum_i v_i (B) X_{it} + N_t,$$

donde el ruido N_t no es estacionario, y tiene un modelo:

$$\phi(B) \Phi(B^{12}) \nabla^d \nabla_{12}^D N_t = \theta(B) \Theta(B^{12}) a_t,$$

podemos expresar el modelo de transferencia global como:

$$\nabla^d \nabla_{12}^D Y_t = \sum_i v_i (B) \nabla^d \nabla_{12}^D X_{it} + \frac{\theta(B) \Theta(B^{12})}{\phi(B) \Phi(B^{12})} a_t.$$

Observamos en esta última expresión que todos los inputs del modelo quedan afectados por el mismo grado de diferencias que requiere el término del ruido para ser estacionario. En nuestro modelo de transferencia de FR_t , $d = 1$ y $D = 1$, por lo que el verdadero input de precios es $\nabla \nabla_{12} \ln P'_t$.

5. CONCLUSIONES

Los resultados empíricos concretos de este trabajo están plasmados en los dos modelos finales siguientes:

1. Modelo de Transferencia con el consumo de fuel-oil no térmico como output.

$$\begin{aligned} \ln FR_t = & \text{---} .009 T_{t-1} + .387 \ln IPI_t \text{---} .192 \xi_t^1 + .153 \xi_t^2 \text{---} .271 \xi_t^3 + \\ & (.004) \quad (.169) \quad (.062) \quad (.062) \quad (.068) \\ & + .044 \ln P(3/74) \text{---} .463 \ln P_t' + N_t \\ & (.068) \quad (.135) \\ \nabla \nabla_{12} N_t = & (1 \text{---} .76 B) (1 \text{---} .66 B^{12}) a_t, \\ & (.08) \quad (.11) \end{aligned}$$

donde:

- FR_t es la serie de compras de fuel-oil no térmico,
- T_t es la serie de temperaturas medias de la península,
- IPI_t es la serie del Índice de Producción Industrial,
- ξ^1 , ξ^2 , y ξ^3 son tres variables de intervención tales que:

$$\xi_t^1 = \begin{cases} 1, & t = 9/73 \\ 0, & t \neq 9/73 \end{cases} \quad \xi_t^2 = \begin{cases} 1, & t = 10/73 \\ 0, & t \neq 10/73 \end{cases} \quad \xi_t^3 = \begin{cases} 1, & t = 4/77 \\ 0, & t \neq 4/77 \end{cases}$$

- y $P(3/74)$ y P_t' son dos series de precios obtenidas por descomposición de la serie del precio nominal del fuel-oil no térmico, recogiendo la primera la variación sufrida por éste en marzo de 1974, y la segunda el resto de las variaciones que se producen en el período muestral.

Este modelo indica una relación entre las compras de fuel-oil y la temperatura tal que un aumento de 1º grado centígrado de la temperatura media peninsular origina, en el mes siguiente, una disminución de dichas compras del .9%.

Indica también una elasticidad a largo plazo de las compras de fuel-oil respecto al Índice de Producción Industrial igual a .387.

Los coeficientes de las tres variables de intervención miden, respectivamente, una reducción anómala en las compras de fuel-oil del 19% en septiembre de 1973, compensada en parte por un aumento anómalo del 15% en el mes siguiente, y otra reducción anómala del 27% en abril de 1977. Los dos primeros hechos se deben probablemente a las alteraciones en los suministros de CAMPSA producidas como consecuencia de la guerra árabe-israelí, y el último a probables acumulaciones de stocks de fuel-oil en los primeros meses de 1977 provocadas por las expectativas del alza de precios que se produce en marzo.

En cuanto a los efectos precio, el modelo indica que la subida del precio de marzo de 1974 no tiene efectos significativos sobre el consumo; una posible explicación de este resultado es que las alzas de precios de los productos petrolíferos en el resto del mundo occidental son en esas fechas mucho más pronunciadas que la que se produce en España, lo que, junto con las perspectivas de agudizamiento futuro de la crisis petrolífera, habrá dado lugar quizás a expectativas por parte de los empresarios de posteriores alzas, con la consiguiente gestión de stocks. Tanto esta hipótesis como la de reducción anómala de las compras en abril de 1977 mencionada en el párrafo anterior, no han podido ser contrastadas empíricamente por no disponer de datos de existencias de fuel-oil en la industria. El coeficiente de P_t' indica, por el contrario, que la elasticidad-precio de la demanda de fuel-oil no térmico durante el resto del período está comprendida entre $-.67$ y $-.33$ con una probabilidad del 67%, y entre $-.73$ y $-.19$ con una probabilidad del 95%, y que la probabilidad de obtener este resultado si la elasticidad fuera cero es de aproximadamente .001

2. Modelo de transferencia con el consumo de fuel-oil térmico como output.

$$\begin{aligned}
 FT_t &= (1173.6 + 517.3 B) \ln E_t - (33.9 + 26.6 B) \frac{PL_t^{33}}{\nabla} - \\
 &\quad (211.2) \quad (207.2) \quad (8.7) \quad (8.8) \\
 \hat{g} &= 1690.9 \quad \hat{g} = -60.5 \\
 &\quad (338.2) \quad (6.5) \\
 &\quad - (19.7 + 7.6 B) AE'_t + N_t \\
 &\quad (4.1) \quad (3.4) \\
 g &= -27.2 \\
 &\quad (4.2) \\
 \nabla \nabla_{12} N_t &= (1 - .36 B - .37 B^{12}) (1 - .81 B^{12}) a_t, \\
 &\quad (.10) \quad (.10) \quad (.05)
 \end{aligned}$$

donde:

- FT_t es la serie de compras de fuel-oil por parte de las centrales térmicas,
- E_t es la serie de consumo de energía eléctrica,
- PL_t / ∇ es la serie de acumulación de lluvias hasta el período t ,
- y AE'_t es la serie de agua embalsada, una vez eliminados los efectos que sobre esta serie tiene la acumulación de lluvias.

Este modelo indica que, a largo plazo, $FT^* = 1691 \ln E^*$, lo que implica una elasticidad a largo plazo del fuel-oil térmico respecto a la energía eléctrica de $1691 / FT^*$. Utilizando los datos de FT_t en 1977 para evaluar esta elasticidad, obtenemos valores que oscilan entre 3.0 y 5.1 a lo largo del año. Si utilizamos los datos de todo el período muestral, la elasticidad varía entre 1.9 y 16.4. Podemos concluir, por tanto, que esta elasticidad es mayor que 1 y probablemente mayor que 3.

El modelo revela también una fuerte dependencia del consumo de fuel-oil respecto a la cantidad de lluvias acumuladas, con elasticidad que depende de los valores de FT_t y PL_t , dadas las transformaciones no logarítmicas aplicadas a las dos variables. Revela asimismo una influencia adicional sobre el consumo de fuel térmico de la cantidad de agua contenida en los embalses.

Este modelo no indica ningún efecto del precio sobre el consumo de fuel-oil térmico, ya que todos los intentos de detectar y medir este efecto no dieron resultados. Aunque el hecho de no encontrar efectos precio sobre este consumo es consistente con la opinión más generali-

zada entre las personas informadas sobre el tema, dada la «irracionalidad» de la política de compensaciones económicas a las centrales seguida durante el período analizado, es precisamente la falta de transparencia de esta política la que no nos permite asegurar que dichos efectos no existen en realidad. En efecto, además de las dificultades generales mencionadas para detectar los efectos precio, que son aplicables a los dos tipos de fuel-oil (necesidad de datos más desagregados, dificultad para detectar respuestas lentas, no disponibilidad de datos de stocks, etc.), la política de compensaciones juega, en el caso del fuel-oil térmico, una papel distorsionador del precio, originando precios «falsos» imposibles de calcular por la falta de información existente sobre dichas políticas.

En cuanto a los efectos precio detectados, puesto que todos ellos se producen el mismo mes en que tiene lugar la elevación del precio, son probablemente debidos a una reducción en la intensidad de utilización del stock de capital o bien duradero complementario del producto energético (los que hemos llamado efectos utilización en la sección 1). En este sentido, debemos interpretar las elasticidades-precio estimadas como cotas inferiores (en valor absoluto) de las verdaderas elasticidades, ya que habrá otros efectos adicionales sobre el propio stock de capital que serán muy lentos y, por tanto, más difíciles aún de detectar. Si la función de transferencia que recoge ambos tipos de efectos (utili-

zación y stock) tuviera, por ejemplo, la forma
$$v(B) = \frac{\omega_0}{1 - \delta B}$$

con un valor de $\omega_0 = -.1$ y de $\delta_1 = .9$, la elasticidad-precio a largo plazo sería $g = v(B) = -1.0$, y el retardo medio de la respuesta del consumo al precio sería de 9 meses. Aún en un caso como éste, con alta elasticidad a largo y un retardo en la respuesta no demasiado grande, el primer parámetro de la función de respuesta a impulsos sería $v_0 = .1$, muy difícil de detectar independientemente de la metodología utilizada. Esta dificultad será mayor cuanto mayor sea el retardo en la respuesta.

Lo que hemos tratado, en definitiva, con este trabajo es de desarrollar formulaciones dinámicas y estocásticas basándonos fundamentalmente en el análisis de los datos disponibles, sin utilizar especificaciones *ad hoc*. La Teoría Económica ha desempeñado un papel importante en diferentes puntos de los análisis a través de los cuales llegamos a los tres modelos finales: en la selección de las variables, en el planteamiento de los modelos conceptuales iniciales, en la previsión de las elasticidades a largo plazo y en la interpretación de los resultados empíricos.

APENDICE I - DATOS

CUADRO I

DATOS DEL CONSUMO TOTAL DE FUEL-OIL* (F₁)

Unidades: 10³ Toneladas métricas

Mes \ Año	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
Enero	990.5	1291.7	1343.3	1441.2	1735.7	1940.3	1965.2	1723.7
Febrero	830.9	1137.0	1233.5	1369.9	1569.2	1625.6	1941.6	1482.6
Marzo	883.8	1247.8	1141.2	1434.0	1553.0	1543.2	2002.4	1392.6
Abril	955.2	1109.7	1006.7	1273.4	1537.7	1675.1	1842.4	1247.3
Mayo	866.9	915.6	1011.9	1271.2	1692.0	1530.3	1738.7	1511.8
Junio	754.3	720.6	952.0	1168.5	1575.9	1379.1	1722.9	1456.7
Julio	865.9	802.0	947.4	1245.9	1594.9	1388.6	1833.0	1404.8
Agosto	826.8	758.6	955.9	1322.4	1539.3	1359.8	1605.4	1205.6
Septiembre	978.7	881.2	1042.5	1343.0	1649.4	1549.7	1743.9	1515.8
Octubre	1060.5	902.5	1062.7	1744.2	1882.4	1805.3	1834.6	1531.8
Noviembre	1093.1	1007.0	1225.3	1704.1	1759.0	1727.6	1782.3	1587.4
Diciembre	1267.1	1335.1	1347.8	1831.9	1792.0	1842.7	1824.0	1787.3

FUENTE: Instituto Nacional de Industria. Sección de Energía.

* Salidas de CAMPSA computadas el mes que se produce la salida.

CUADRO II

DATOS DEL CONSUMO DE FUEL-OIL EN CENTRALES TERMICAS*
(FT_t)

Unidades: 10³ Toneladas métricas

Mes \ Año	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
Enero	222.4	468.5	437.6	375.1	591.8	705.4	913.8	491.8
Febrero	160.9	329.4	218.1	375.8	472.7	538.1	875.4	345.2
Marzo	201.5	448.7	184.0	451.7	449.8	547.1	882.3	351.8
Abril	298.1	318.1	161.7	377.6	378.8	547.1	805.4	452.3
Mayo	186.8	149.0	235.0	360.2	518.1	492.4	786.6	517.6
Junio	171.4	102.9	197.6	311.6	548.4	458.8	727.1	390.3
Julio	279.0	135.7	227.1	402.6	503.9	533.2	830.5	392.3
Agosto	276.6	133.8	251.0	441.2	592.6	484.7	763.9	330.8
Septiembre	374.0	206.7	228.4	616.6	650.8	619.8	886.0	535.6
Octubre	389.2	158.0	225.1	575.1	672.0	692.8	810.6	519.3
Noviembre	358.8	314.2	234.2	486.9	546.4	654.4	599.9	523.1
Diciembre	418.7	438.3	301.7	666.6	585.6	688.5	572.9	560.6

FUENTE: Instituto Nacional de Industria. Sección de Energía.

* Entradas en las centrales.

CUADRO III

DATOS DEL CONSUMO DE FUEL-OIL NO TERMICO* (FR₁)

Unidades: 10³ Toneladas métricas

<div>Mes</div> <div>Año</div>	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
Enero	768.1	823.2	905.7	1066.1	1143.9	1234.9	1051.4	1231.9
Febrero	670.0	807.6	1015.4	994.1	1096.5	1087.5	1066.2	1137.4
Marzo	682.3	798.3	957.2	982.3	1103.2	996.1	1120.1	1040.8
Abril	657.1	791.6	845.0	895.8	1158.9	1128.0	1037.0	795.0
Mayo	680.1	766.6	776.9	911.0	1173.9	1037.9	952.1	994.2
Junio	582.9	617.7	754.4	856.9	1027.5	920.3	995.8	1066.4
Julio	586.9	666.3	720.3	843.3	1091.0	855.4	1002.5	1012.5
Agosto	550.2	624.8	704.9	881.2	946.7	875.1	841.5	874.8
Septiembre	604.7	674.5	814.1	726.4	998.6	929.9	857.9	980.2
Octubre	671.3	744.5	837.6	1169.1	1210.4	1112.5	1024.0	1012.5
Noviembre	734.3	692.8	991.1	1217.2	1212.6	1073.2	1182.4	1064.3
Diciembre	848.4	896.8	1046.1	1165.3	1206.4	1154.2	1251.1	1226.7

* Datos calculados por diferencia entre los del Cuadro I y los del Cuadro II.

CUADRO IV

DATOS DEL CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA* (E_t)

BASE 100 = 1965. MEDIA 1965 = 2365.5 millones Kw/h.

Mes	Año							
	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
Enero	189.7	210.7	229.4	265.1	284.0	293.8	320.9	338.1
Febrero	176.9	190.1	220.2	243.3	263.7	265.1	296.8	307.0
Marzo	184.6	209.3	222.8	255.9	275.9	279.8	302.0	319.4
Abril	176.5	179.8	201.1	225.0	246.4	267.9	280.3	289.5
Mayo	167.6	179.5	205.5	229.4	249.8	250.9	273.5	296.2
Junio	168.5	175.0	200.2	218.4	234.3	245.8	272.9	280.9
Julio	174.3	186.7	202.7	227.6	246.5	258.9	287.4	281.0
Agosto	162.7	173.4	191.2	217.7	230.4	229.2	246.4	246.3
Septiembre	176.6	183.7	204.9	232.8	247.8	255.3	275.8	289.8
Octubre	184.3	187.1	217.6	247.6	271.9	277.3	292.1	298.2
Noviembre	186.3	209.6	231.7	261.8	275.9	286.5	317.2	323.4
Diciembre	205.5	224.9	250.8	277.5	287.7	319.0	330.8	342.7

FUENTE: UNESA.

* Excluido el consumo de las centrales en bombeo.

CUADRO V

INDICE GENERAL DE PRODUCCION INDUSTRIAL (IPI_t)

BASE 100 = media mensual 1962

Mes \ Año								
	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977 *
Enero	234.5	233.8	271.4	317.4	373.0	334.4	327.7	379.5
Febrero	237.9	237.7	278.0	314.8	360.4	335.9	328.2	396.3
Marzo	234.4	251.7	293.9	336.3	381.4	329.7	366.5	423.1
Abril	251.9	245.3	284.3	315.8	369.6	344.7	363.8	397.8
Mayo	240.7	248.1	292.5	336.2	377.5	348.3	363.9	418.8
Junio	246.6	249.4	301.2	337.3	368.2	354.2	362.3	412.3
Julio	243.5	258.4	283.9	321.4	353.9	331.0	361.1	389.4
Agosto	183.8	195.3	224.5	253.3	282.1	234.3	268.5	293.4
Septiembre	241.2	245.6	295.5	334.8	350.2	331.3	358.2	415.3
Octubre	249.7	252.9	303.2	351.9	373.8	357.3	374.4	415.9
Noviembre	249.8	262.6	319.5	354.4	347.6	349.3	392.7	419.1
Diciembre	239.3	259.4	306.4	336.4	330.6	354.3	377.5	413.0

FUENTE: Instituto Nacional de Estadística.

* Datos provisionales.

CUADRO VI

DATOS DE TEMPERATURA MEDIA NACIONAL* (T_D)

Unidades: Grados centígrados

Mes \ Año	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
Enero	8.7	6.4	6.0	6.8	8.6	8.5	6.5	7.4
Febrero	8.2	8.5	8.1	7.3	7.7	9.3	8.8	9.9
Marzo	8.3	7.5	9.8	8.9	9.6	8.6	10.1	11.3
Abril	13.8	12.4	11.6	11.5	12.0	11.8	11.0	12.8
Mayo	15.3	14.2	13.6	15.9	15.6	14.1	16.2	14.1
Junio	19.5	17.5	17.8	18.9	18.9	18.9	21.2	17.3
Julio	22.0	22.2	21.4	21.6	22.0	23.2	22.8	20.2
Agosto	21.9	21.8	20.2	23.2	21.8	22.8	21.4	20.2
Septiembre	21.2	19.8	16.4	19.6	18.4	18.7	18.4	20.0
Octubre	14.4	16.9	14.0	14.4	12.0	15.8	13.7	16.0
Noviembre	12.6	8.4	11.3	10.8	10.5	10.5	9.0	10.6
Diciembre	5.2	7.9	7.7	6.8	8.2	6.4	8.6	9.9

FUENTE: Anuario Estadístico. Instituto Nacional de Estadística.

* Media de las observaciones de temperaturas de los 51 o Península y Baleares.

CUADRO VII

DATOS DE PRECIPITACION ACUOSA* (PL_i)

Unidades: Litros por metro cuadrado

Mes \ Año	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
Enero	187.5	98.2	98.8	56.7	64.8	53.5	28.2	111.5
Febrero	27.2	18.8	107.8	29.7	69.6	54.2	52.8	87.9
Marzo	36.1	71.8	76.8	34.3	83.6	96.9	32.8	34.4
Abril	24.6	118.6	35.8	30.0	70.1	57.8	86.7	34.2
Mayo	54.8	125.7	56.6	75.8	33.2	76.7	44.7	84.0
Junio	51.5	58.0	42.5	53.9	61.1	45.4	31.8	63.6
Julio	11.5	41.5	18.7	21.5	22.2	4.8	39.9	44.3
Agosto	19.2	19.3	23.7	19.8	25.6	32.9	49.8	31.9
Septiembre	7.5	33.7	85.9	22.9	27.5	54.2	66.8	19.4
Octubre	34.9	31.9	107.2	58.7	47.7	23.2	96.8	85.0
Noviembre	62.8	58.3	65.4	38.7	57.3	47.2	59.4	62.8
Diciembre	54.0	73.7	63.3	81.0	13.5	68.9	124.1	113.5

FUENTE: Anuario Estadístico. Instituto Nacional de Estadística.

* Media de los litros recogidos en los observatorios del Servicio Meteorológico Nacional, ponderada por los metros cuadrados correspondientes a cada zona.

CUADRO VIII

DATOS DE AGUA EMBALSADA AL FINAL DE CADA MES* (AE_t)

Unidades: 10⁹ metros cúbicos

Mes	Año							
	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
Enero	20.77	16.01	18.82	25.47	21.07	19.63	15.38	27.54
Febrero	20.69	17.86	25.83	26.16	23.90	20.94	17.50	32.09
Marzo	19.75	18.54	28.43	26.29	25.07	23.90	18.29	32.50
Abril	25.60	23.26	28.33	26.22	26.31	24.53	19.48	32.10
Mayo	26.66	28.25	29.48	28.50	26.39	24.89	20.12	32.19
Junio	25.19	29.59	29.47	27.80	27.02	24.76	18.96	32.35
Julio	22.60	27.85	27.50	24.66	25.28	21.78	16.85	30.19
Agosto	19.85	24.37	24.58	21.92	22.84	19.24	15.31	28.33
Septiembre	17.17	21.58	22.77	19.54	21.02	17.92	14.58	25.20
Octubre	16.13	18.73	21.50	18.48	19.75	17.45	16.66	24.11
Noviembre	15.64	16.74	21.46	17.56	19.45	17.25	19.14	22.52
Diciembre	15.29	17.34	22.43	16.87	18.58	16.63	21.54	26.85

FUENTE: Boletín mensual de Estadística. Insitituto Nacional de Estadística.

APENDICE II - PRECIOS

Este Apéndice contiene los cuadros de datos a partir de los cuales hemos construido las distintas series de precios utilizadas en este trabajo, junto con una breve información sobre los mismos (37).

1. *Precios del fuel-oil*

Los precios de venta al público del fuel-oil en el área del Monopolio, como los de los restantes subproductos petrolíferos, son fijados por Orden del Ministerio de Hacienda.

En la determinación de estos precios intervienen dos componentes: por un lado el precio pagado por CAMPSA a las refinerías, y por otro la fiscalidad interior representada por el «Impuesto especial sobre el petróleo y derivados», el «Impuesto de lujo», y la llamada «Renta del Monopolio».

El precio ex-refinería se determina a su vez mediante un complicado mecanismo por el que se pretende recoger los costes de adquisición del crudo, los costes de transporte y producción y un margen de beneficio para las empresas productoras llamado margen de refino.

La fiscalidad interior tiene diferentes intensidades según el tipo de producto de que se trate y, dentro de un mismo producto, según el uso a que se destine, lo que da lugar a una gama muy amplia de precios. Esta intensidad fiscal es mayor, en general, en los carburantes –gasolina y gas-oil–, mientras que los precios de venta del fuel-oil en los dos usos que nosotros analizamos –centrales térmicas y usos no-térmicos– no cubren durante el período muestral los costes estimados, arrojando una renta del Monopolio negativa.

Los cuadros I y II contienen los precios que ha tenido el fuel-oil en el período 1/70-12/77, junto con las fechas en las que se produjeron los aumentos.

CUADRO I

PRECIOS DEL FUEL-OIL TERMICO			
Fecha de variación		Precio (Ptas./Tm.)	Incremento (%)
1 Enero	1970	1350	
27 Febrero	1971	1400	3.7
1 Marzo	1974	2400	71.4
25 Enero	1975	3200	33.3
15 Noviembre	1975	4200	31.2
10 Marzo	1977	5040	20.0
25 Julio	1977	6300	25.0

FUENTE: Boletín Oficial del Estado.

CUADRO II

PRECIOS DEL FUEL-OIL NO-TERMICO			
Fecha de variación		Precio (Ptas./Tm.)	Incremento (%)
1 Enero	1970	1550	
27 Febrero	1971	1650	6.5
1 Marzo	1974	3200	93.9
25 Enero	1975	4000	25.0
15 Noviembre	1975	5000	25.0
10 Marzo	1977	6250	25.0
25 Julio	1977	6750	8.0

FUENTE: Boletín Oficial del Estado.

2. Precios del carbón utilizado en centrales térmicas

Los precios de los carbones destinados a los dos principales consumidores –centrales térmicas y siderurgia– están fijados en España por el Ministerio de Industria, mientras que los carbones destinados a industrias varias, almacenistas y consumos domésticos, están sometidos a un sistema de precios de mercado.

Para construir la serie de precios de carbón térmico utilizada en nuestros análisis, que intenta reflejar un precio medio de los distintos

tipos de carbón utilizados en las centrales térmicas, nos hemos basado en:

- a) El Decreto 646/1971 de 18 de marzo de 1971, donde se establece que los suministros de fracciones de la producción de antracita destinadas a las centrales térmicas se regirán por la siguiente fórmula de precios:

$$P = 627 + 4.2 (V-5) + 13.5 (10-H) + 13.8 (25-C),$$

donde:

P = Precio por tonelada sobre central térmica.

V = Porcentaje de materias volátiles.

H = Porcentaje de humedad.

C = Porcentaje de cenizas.

- b) La Orden Ministerial de 5 de septiembre de 1973, donde se establece que el precio de venta de la hulla y antracita destinadas a las centrales térmicas se regularán por la siguiente fórmula:

$$P = \frac{P_0}{1.000} [1.000 + 7 (V - 20) + 20 (25 - C)] \frac{88 - H}{78},$$

donde P_0 es el precio en ptas/Tm. de un carbón base de 20% de volátiles, 25% de cenizas y 10% de humedad.

Nuestra serie está formada por los distintos valores que ha tomado P_0 a lo largo del período muestral, y está contenida, junto con las fechas de variación, en el Cuadro III.

CUADRO III

PRECIO MEDIO DEL CARBON TERMICO			
Fecha de variación		Precio (Ptas./Tm.)	Incremento (%)
1 Enero	1970	523	
19 Marzo	1971	627	19.9
5 Septiembre	1973	880	40.3
15 Marzo	1974	1600	81.8
1 Febrero	1975	2027	26.7
15 Noviembre	1975	2440	20.4
1 Marzo	1977	2950	20.9

FUENTE: Boletín Oficial del Estado.

3. *Sistemas de compensaciones a las centrales térmicas*

Las centrales térmicas han estado sometidas durante el periodo analizado en este trabajo, a varios sistemas de compensaciones económicas por la utilización de fuel-oil o carbón en la generación de energía eléctrica. El organismo encargado de llevar a cabo estas compensaciones fue la Oficina Liquidadora de Energía Eléctrica (OFILE) hasta el año 1973 en que desaparece, siendo entonces sustituida por la Oficina de Compensaciones de la Energía Eléctrica.

Describimos aquí someramente estos sistemas de compensación ya que su existencia es una probable fuente de distorsión de los precios sombra del fuel y carbón térmicos en relación con los precios oficiales observados, cuyos efectos sobre el consumo de fuel tratamos de detectar en el epígrafe 4.2.

El OFILE se crea el año 1951. Por Decreto del 12 de enero de ese año se modifica el sistema de tarificación eléctrica vigente, implantándose las llamadas Tarifas Tope Unificadas, cuyo objetivo era unificar las tarifas de venta al público que hasta entonces eran diferentes según las zonas o las empresas suministradoras. Cada una de las nuevas tarifas constaba de dos términos: uno llamado A que ingresaba la empresa vendedora, y otro que era un porcentaje de A, $\left[\frac{rA}{100} \right]$, recaudado también por las empresas pero entregado por éstas a OFILE. El único objetivo de OFILE era redistribuir entre las empresas las cantidades así recaudadas para compensar los costes de la energía térmica sobre la hidráulica y para primar la potencia instalada en centrales hidroeléctricas o térmicas. De acuerdo con estos fines se establecieron, aparte de unas primas por suministros especiales a precios no rentables, que supusieron un porcentaje despreciable del total, los dos siguientes tipos de compensaciones económicas:

- a) Primas por la construcción de nuevas centrales, que eran diferentes según el tipo de central de que se tratara, y
- b) Compensaciones a las centrales térmicas por sus mayores costes de producción en relación a la producción de energía hidroeléctrica. Para determinar la cuantía de las compensaciones, las empresas quedaron acogidas a una de dos fórmulas A o B. Las acogidas a la fórmula A deberían recibir como compensación el 90% del coste del combustible consumido, y las acogidas a la fórmula B la diferencia entre el coste total y el valor del «equi-

valente hidráulico», que era el precio de venta de su energía a las empresas que la necesitaban por estar en situación deficitaria respecto a su mercado.

A lo largo de su vida, el OFILE presentó continuos déficits en forma de compensaciones o primas no satisfechas, a pesar de los sucesivos incrementos del valor de «r».

Por Decreto de 21 de diciembre de 1972 se decide la supresión del OFILE y de las primas y compensaciones llevadas a cabo por este organismo, fundamentándose esta decisión en el alto desarrollo alcanzado por la capacidad de producción de energía eléctrica, especialmente la de origen térmico. Se crea, por tanto, un nuevo sistema de facturación, llamado Sistema Integrado de Facturación, por el que las empresas recaudan e ingresan la totalidad de las tarifas.

Sin embargo, no desaparecen totalmente las compensaciones con la desaparición del OFILE. En efecto, en el mismo Decreto se crea el OFICO, cuya finalidad es, aparte de liquidar la deuda dejada por el OFILE, compensar económicamente a las empresas que hacen suministros especiales y extrapeninsulares, y a las centrales térmicas que usan carbón nacional. Se establece en este sentido que las centrales percibirán como compensación la diferencia entre el precio por unidad calorífica que el Ministerio de Industria determine para cada tipo de carbón y el límite que este Departamento señala para hacer posible la utilización de las distintas calidades de carbón con un rendimiento económico similar al del fuel-oil.

Para hacer frente a este nuevo tipo de compensaciones se destina al OFICO el 40% de los ingresos de las empresas procedentes del incremento de tarifas que tiene lugar en mayo de 1973 (que es la fecha de puesta en vigor del nuevo sistema) y distintos porcentajes de los sucesivos incrementos producidos en el resto del período.

Por otra parte la Orden Ministerial de 26 de marzo de 1976 establece las bases para un nuevo tipo de compensaciones a las centrales térmicas que usan carbón nacional, a las que se compensará también por los gastos de almacenamiento de los stocks de carbón que excedan del necesario para el consumo de las 600 horas de utilización de la central con sólo carbón y a plena carga.

Todo el sistema aquí expuesto se caracteriza por la falta total de transparencia informativa en cuanto a los objetivos alcanzados por las compensaciones, lo que dificulta enormemente la estimación del efecto de éstas sobre los precios sombra del fuel y carbón térmicos.

NOTA

(37) Para la elaboración de este Apéndice se ha utilizado, en distintos grados, la información contenida en Bernechea (1978), Borrell y Gafo (1978), Lasso de la Vega (1978), Mestre (1975), Rodríguez de Pablo (1978), así como diferentes números del Boletín Oficial del Estado y Memorias de la Junta Administrativa de OFICO.

BIBLIOGRAFÍA

- Aremany de Pablos, L.: 1977. «Estudio de la demanda de gasolina en el caso español». *Oilgas*, julio, agosto, noviembre, 1977.
- Bernechea Bergareche, R.: 1978. «Fiscalidad y venta al público de los productos petrolíferos». *Inf. Com. Esp.* 542: 43-62.
- Bopp, A. E., y J. A. Neri. 1978. «The price of gasoline: forecasting comparisons». *Quart. Rev. Econ. Bus.* 18 (4): 23-33.
- Borrell, J., e I. Gafó: 1978. «El monopolio de petróleos y los precios de los productos petrolíferos». *Inf. Com. Esp.* 542: 15-29.
- Box, G. E. P., y D. R. Cox: 1964. «An analysis of transformations». *Jour. Royal. Statist. Soc. B.* 26(2): 211-242.
- Box, G. E. P., y G. Jenkins: 1970. *Time Series Analysis. Forecasting and Control*. San Francisco: Holden-Day. (2.ª ed. 1976).
- Box, G. E. P., y D. A. Pierce: 1970. «Distribution of residual autocorrelations in autorregressive integrated moving average y time series models». *Jour. Amer. Stat. Assoc.* 65(332): 1509-1526.
- Centro de Estudios de la Energía: 1979. *Situación Energética de la Industria. Síntesis*. Madrid. M.º de Industria y Energía.
- Durbin, J., y G. S. Watson: 1950, 1951. «Testing for serial correlation in least squares regression, I, II». *Biometrika*, 37, 409; 38, 159.
- García-Pardo, J.: 1981. *La Teoría Económica y el enfoque Box-Jenkins en la modelización de la demanda de productos energéticos: el fuel-oil y la energía eléctrica en España*. Tesis Doctoral. Departamento de Teoría Económica. Facultad de Ciencias Económicas. Universidad Complutense. Madrid.
- Jenkins, G.: 1979 a. *Practical Experiences with Modelling and Forecasting Time Series*. Lancaster. G. Jenkins and Partners.
- Jenkins, G. 1979b. «Apuntes del curso: The Theory and Practical Application of the Box-Jenkins Approach for Forecasting Business and Economic Series». Amsterdam. Marzo 1979.
- Lasso de la Vega, R.: 1978. «Precios del carbón y sistema de compensaciones en España». *Inf. Com. Esp.* 542: 103-111.
- Marín Quemada, J. M.: 1978. *Política petrolífera española*. Madrid. Confederación Española de Cajas de Ahorro.
- Mestre, C.: 1975. «Las tarifas eléctricas en España». *Inf. Com. Esp.* 501: 68-77.
- Mestre, C. 1977. «La productividad en el sector eléctrico, 1960-1975». *Inf. Com. Esp.* 525: 171-176.
- Murray, M. P., Spann, R., Pulley, L., y E. Beauvais: 1978. «The Demand for Electricity in Virginia». *Rev. Econ. Statis.* 60(4): 585-600.

- Naylor, T. H., Seaks, T. G., y D. W. Wikern: 1972. «Box-Jenkins methods: an alternative to econometric models». *Int. Statis. Rev.* 40: 123-138.
- Nelson, C. R.: 1973. *Applied time series analysis for managerial forecasting*. San Francisco. Holden-Day.
- Rodríguez de Pablo, J. 1978. «Costes y tarifas de la energía eléctrica». *Inf. Com. Esp.* 542 : 71-101.
- Rodríguez de Pablo, J. y F. López de Vicuña: 1975. «La elasticidad precio-demanda de la gasolina». *Inf. Com. Esp.* 501 : 84-89.
- Sanz, R.: 1979. «Modelización del índice de producción industrial y su relación con el consumo de energía eléctrica». *Cuadernos Económicos del ICE*. 11-12 : 227-259.
- Taylor, L. D.: 1975. «The Demand for Electricity: A survey. *Bell Journ. Econ.* 6(1) : 74-110.
- Tiao, G. C., y G. E. P. Box, 1979. *An Introduction to Applied Multiple Time Series Analysis*. Dep. Statis. Universidad de Wisconsin.
- Treadway, A. B.: 1970. «Adjustment costs and variable inputs in the theory of the competitive firm». *Jour. Econ. Theory*. 2(4): 329-347.
- Treadway, A. B., García-Pardo, J., y A. Carbajo: 1978. *Efectos sobre la economía española de una devaluación de la peseta*. Madrid. Fundación Ramón Areces.
- Villalba, D.: 1979. «Incidencia de la pluviosidad en el consumo de fuel-oil para centrales térmicas». *Cuadernos Económicos del ICE*. 11-12 : 260-313.

PUBLICACIONES DE LA SERIE
«ESTUDIOS ECONOMICOS»
del
Servicio de Estudios del Banco de España (*)

1. Una estimación del producto interior bruto trimestral de España, 1958-1971, por Julio Rodríguez López (1972).
2. El empleo de tasas de variación como indicadores cíclicos, por Vicente Poveda Anadón y Pedro Martínez Méndez (1973).
3. El rendimiento interno de las obligaciones 1960-1973, por Ignacio Garrido Sánchez (1974).
4. Rendimiento de una cartera de valores en España en el período 1961-1972, por Francisco Martín Bourgón (1974).
5. Medidas de la política monetaria adoptadas en el período 1957-1976 (2.ª ed. 1976), por José Manuel Olarra Jiménez (1974).
6. Un modelo para el sector financiero de la economía española, por José Pérez Fernández (1975).
7. Las encuestas coyunturales, su empleo en España, por Julio Rodríguez López (1975).
8. Relaciones econométricas sobre precios y salarios en la economía española, por Ana Sánchez Trujillo (1977).
9. El tipo de rendimiento de las obligaciones y demanda de depósitos, por José Pérez Fernández (1977).
10. La política monetaria en España: objetivos e instrumentos, por Luis Angel Rojo y José Pérez Fernández (1977).
11. Estimación y selección de modelos econométricos dinámicos, por Antoni Espasa (1978).
12. La función de inversión bajo una tecnología Putty-Clay: Un intento de estimación para la economía española, por J. Albarracín Gómez (1978).
13. Una estimación de la función de inversión en viviendas en España, por Julio Rodríguez (1978).
14. Funciones de importación y exportación en la economía española, por José María Bonilla Herrera (1978).
15. El paro registrado no agrícola 1964-1976: Un ejercicio de análisis estadístico univariante de series económicas, por Antoni Espasa (1978).
16. Formulación de un índice de posición efectiva de la peseta mediante medias geométricas, por Miguel Angel Arnedo Orbañanos (1978).
17. La financiación del sector eléctrico. La utilización del mercado de valores, por Adolfo Sánchez-Real (1979).
18. La predicción económica, por Antoni Espasa (1980).

(*) El Banco de España, al publicar, en esta serie, documentos internos elaborados en su Servicio de Estudios, pretende facilitar la difusión de estudios de interés que contribuyan al mejor conocimiento de la economía española. El Banco de España no hace suyas, sin embargo, necesariamente, las opiniones expresadas en dichos trabajos cuando aparezcan publicados con la firma de su autor.

19. **Desestacionalización y política monetaria. La serie de depósitos del sistema bancario,** por Agustín Maravall (1980).
20. **El control monetario a través de la base monetaria: La experiencia española,** por Pedro Martínez Méndez (1981).
21. **Errores de medición del crecimiento a corto plazo de series monetarias desestacionalizadas: Una fundamentación estadística de las bandas de tolerancia,** por Agustín Maravall (1981).
22. **Métodos de desagregación temporal de series económicas,** por Ricardo Sanz (1982).
23. **El proceso de ajuste de la economía española: 1973-1980,** por Pedro Martínez Méndez (1982).
24. **El Sector Público en España: Clasificación, fuentes y cuentas,** por Rafael Álvarez Blanco (1982).
25. **Detección de no-linealidad y predicción por medio de procesos estocásticos bilineales, con una aplicación al control monetario en España,** por Agustín Maravall (1982).
26. **Las tendencias básicas de la población, el empleo y el paro en el periodo 1964 a 1980,** por J. Albarracín Gómez (1982).
27. **Procedimientos de búsqueda de especificación dinámica: el caso de la demanda de M3 en España,** por Juan José Dolado.
28. **La Demanda del Fuel-oil en España,** por Jimena García-Pardo (1982).
29. **Sistema financiero español,** por Gonzalo Gil (1982).